# PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH
CENTRALNEGO ZARZĄDU ENERGETYKI, CENTRALNEGO ZARZĄDU PRZEMYSŁU ELEKTROTECHNICZNEGO
Redaktor inż. Tadeusz Czaplicki

Rok XXV Warszawa, 21 stycznia 1949 r. Zeszyt 1



## KRONIKA

**XLIII. Gospodarka narodowa na kongresie zjednoczeniowym partii robotniczych.**

Z okazji historycznego kongresu partii robotniczych w grudniu r. ub. osoba najbardziej kompetentna w sprawach gospodarczych polskich, przewodniczący Komitetu Ekonomicznego Ministrów, Minister Przemysłu i Handlu H. Minc wystąpił z obszernym referatem ogarniającym całokształt naszej gospodarki powojennej, a więc poświęconym zarówno jej odbudowie już dokonanej, jak i perspektywom jej przyszłej rozbudowy. Roztoczony przed nami w tym referacie obraz polskiego życia gospodarczego jest tak wszechstronny, że może służyć za punkt wyjścia do ogólnych rozważań nad widokami i prawdopodobnymi drogami rozwoju różnych gałęzi przemysłu, w tej liczbie tych dwu dziedzin, w których pracują elektrycy polscy, do rozważań nad wielkimi zadaniami, które nas czekają w najbliższych latach.

W pierwszej części referat daje przegląd tych głębokich przeobrażeń, których doznała nasza gospodarka narodowa w okresie powojennym, a których najbardziej znamienną cechą jest wyraźnie postępujące uprzemysłowienie kraju. Referat rzuca światło na nasze osiągnięcia w ciągu dwu pierwszych lat pierwszego polskiego planu trzyletniego. Osiągnięcia te są pomyślne i upoważniają do oczekiwań, że plan trzyletni będzie wykonany i będzie wykonany z nadwyżką.

Druga część referatu jest poświęcona rozpatrzeniu kroków, które należy poczynić, aby te oczekiwania ziściły się w jak najlepszej formie.

Trzecia część referatu zawiera szkic najogólniejszy drugiego z kolei polskiego planu gospodarczego — tym razem obejmującego już okres 6-letni (1950—1955). Rozmach zamierzeń państwowych na to sześciolecie jest wielki, ale oparty jest na założeniach ziszczalnych, na przesłankach realnych, na wierze, że dzisiejszy ustrój państwowy i społeczny potrafi wyzwolić z narodu zapał i siły do pokonania trudności i przeszkód, do dokonania przewrotu w naszych metodach pracy, do zmodernizowania całej naszej gospodarki, do rozbudzenia w Polsce wytrwałości w dążeniu do postawionych sobie daleko sięgających celów. Dalsze i głębsze uprzemysłowienie kraju jest ideą przewodnią planu sześcioletniego, lecz troska ze strony państwa o podniesienie rolnictwa nie ustanie. Referat dobitnie uwypukla doniosłe znaczenie rozwoju współzawodnictwa pracy, jako jednej z gwarancji wykonania planów gospodarczych. Referat dobitnie podkreśla — jako warunek nieodzowny powodzenia w realizacji planu 6-letniego — wczesne przygotowanie wielkiej ilości sił fachowych technicznych: „Z takim minusem sił inżynieryjnych i technicznych, jaki istnieje obecnie, pracować w okresie rozbudowy na pewno nie będzie można.. Trzeba więc szkolić, szkolić i jeszcze raz szkolić i to zaraz, nie tracąc czasu i nie żałując środków i sił." Potrzeby nasze na okres 6-letni w zakresie sił technicznych są szacowane w następujących liczbach: do 900 000 robotników, do 100 000 techników, do 24 000 inżynierów.

**XLIV. Powojenna praca przemysłu elektrotechnicznego w liczbach ogólnych (1946—1948).**

Z zamknięciem 1948 r. uzyskaliśmy liczbowy materiał porównawczy dla trzech pełnych powojennych lat pracy naszego przemysłu elektrotechnicznego. Wykresy stale zamieszczane w Przeglądzie wymownie ilustrują wytrwały rozwój produkcji. Wciąż jeszcze nie widać momentu przesilenia, od którego tempo rozwoju zaczęłoby ulegać zahamowaniu. Ogólna wartość produkcji wszystkich zjednoczeń CZPE wyniosła w 1948 r. 291,3 mln. zł według cen przedwojennych, tzn. przekroczyła o 16,5% przewidywania z przed roku (250 mln. zł)*). Wytwórczość osiągnięta w 1948 r. przekroczyła już naszą wytwórczość przedwojenną. Wytwórczość osiągnięta w 1948 r. stanowi 95% tej produkcji, którą przed rokiem CZPE przewidywał dopiero na 1949 rok (307 mln. zł)*). I ten pomyślny wynik osiągnięto przy mniejszej liczbie pracowników: przed rokiem przewidywano 27 000 pracowników jako średnie zatrudnienie w ciągu 1948 r., w rzeczywistości zaś średnie zatrudnienie wyniosło w 1948 r. tylko 25 482 pracowników. Stąd wynika, że wydajność pracy czyli wartość rocznej produkcji na jednego pracownika okazała się w 1948 r. o 23% lepsza niż oczekiwano, wynosząc 11 400 zł zamiast przewidywanych 9 250 zł*). Przed rokiem liczono się z tym, że wydajność 11 400 zł rocznie na jednego pracownika osiągniemy dopiero gdzieś około 1953 r.

Poniższa tabelka porównawcza dla trzech lat powojennych, podająca wartość produkcji według cen przedwojennych, jest dalszym świadectwem [Kr. XVII, XXXI] tego, że praca naszego przemysłu elektrotechnicznego rozwija się dobrze **):

| | | 1946 | 1947 | 1948 |
|---|---|---|---|---|
| Wartość produkcji | mln. zł | 81,5 | 168,5 | 291,3 |
| „ „ | % | 100 | 207 | 358 |
| Waga produkcji | tys. t | 17,4 | 33,1 | 52,4 |
| „ „ | % | 700 | 190 | 301 |
| Średnia wartość prod. | tys. zł/t | 4,70 | 5,08 | 5,57 |
| „ „ „ | % | 100 | 108 | 119 |
| Średnie zatrudnienie | tys. prac. | 11,6 | 18,6 | 25,5 |
| „ „ | % | 100 | 160 | 220 |
| Wydajność pracy | tys. zł/prac. | 7,05 | 9,08 | 11,4 |
| „ „ | % | 100 | 129 | 162 |

**XLV. Powojenna praca energetyki w liczbach ogólnych (1946—1948).**

Do komentarzy, które były już na tym miejscu podawane [Kr. V, XIV, XXVIII; XL], wystarczy dodać następujące zestawienie:

| | | 1946 | 1947 | 1948 |
|---|---|---|---|---|
| Moc zainstalowana | (MW) | 2141 | 2278 | 2456 |
| „ „ | % | 100 | 106 | 115 |
| Wytwórczość roczna | (mlrd. kWh) | 5,71 | 6,61 | 7,51 |
| „ „ | % | 100 | 116 | 131 |

Tablica uwypukla wysiłki energetyki, polegające na tym, że przy bardzo małym, jak na nasze potrzeby, powiększeniu mocy zainstalowanej objętej statystyką (które niekoniecznie świadczy o nabytkach w wyposażeniu elektrowni) wytwórczość energii zarejestrowana przez statystykę wzrasta jednak znacznie szybciej.

Zasadniczo nie są objęte naszą statystyką urzędową zakłady elektryczne wytwórcze o mocy zainstalowanej poniżej 1000 kW. Łączna wytwórczość elektrowni tej grupy prawdopodobnie nie przekracza 2% całkowitej produkcji energii w kraju.

Udział elektrowni zawodowych i niezawodowych w wytwórczości krajowej utrzymuje się wciąż na prawie stałym poziomie: około 60% przypada na pierwszą kategorię elektrowni, około 40% na drugą.

Wytwórczość energii elektrycznej w Polsce na głowę ludności doszła w 1948 r. do 310 kWh, a więc jest bez mała trzykrotnie większa niż była w 1938 r.

*Tadeusz Czaplicki*

*) Żarnecki T. Problemy rozwojowe przemysłu elektrotechnicznego (PE, 1948, z. 1/2, str. 5).

**) W podanych liczbach nie uwzględniono PZTiR, które dopiero w połowie 1948 r. zostały wcielone do CZPE.

# Odbudowa i rozbudowa gospodarki polskiej

## Streszczenie referatu min. H. MINCA wygłoszonego na Kongresie zjednoczeniowym partii robotniczych w grudniu 1948 r. w Warszawie

Treść. Bilans pierwszych dwu lat planu trzyletniego (1947—49) w przemyśle, rolnictwie, handlu, komunikacji, położeniu materialnym ludności, odbudowie stolicy i ziem odzyskanych, finansach. Zagadnienie przedterminowego wykonania planu trzyletniego. Zadania i założenia przyszłego sześcioletniego planu gospodarczego.

**Восстановление и развитие народного хозяйства в Польше.** Итоги первых двух лет трехлетнего плана (1947—1949) в промышленности, сельском хозяйстве, торговле, путях сообщения, материальном положении населения, отстройке столицы и возвращенных земель, финансах. Вопросы досрочного выполнения трехлетнего плана. Задачи и основания будущего шестилетнего хозяйственного плана.

**Restoration and Development of Poland's Economy.** Results for the first two years of the 3-year plan (1947—49) in respect of industries, agriculture, trade, traffic, standard of living of the population, reconstruction of Warsaw and of cities in the Recovered Territories, and of finance. The problem of completing the 3-year economic plan ahead of time. The tasks and foundations of the next 6-year economic plan.

**La reconstruction et le développement de l'économie polonaise.** Bilan des deux premières années du plan triennal (1947—1949) dans l'industrie, l'agriculture, le commerce, les communications, la situation matérielle de la population, la reconstruction de la capitale et des régions récupérées, les finances. Le problème de l'exécution du plan triennal avant la date fixée. Buts et bases du futur plan économique sexennal.

### 1. Bilans gospodarczy planu trzyletniego (1947—1948).

Przemysł. Jeżeli przyjąć wartość globalnej produkcji wielkiego i średniego przemysłu w 1937 r. za 100%, to rozwój jej w latach powojennych będzie następujący: 1945 — 38%; 1946 — 77%; 1947 — 107%; 1948 (przewid.) — 140,5%.

W ostatnich miesiącach 1948 r. zaznaczył się silny wzrost produkcji: w listopadzie 1948 r. wynosiła ona 150% produkcji z listopada 1937 r. Produkcja globalna na głowę ludności wzrosła jeszcze silniej: 1937 — 100%; 1945 — 55%; 1946 — 111%; 1947 — 154%; 1948 — 199,5%. Świadczy to o wzmożeniu uprzemysłowienia kraju, a potwierdzeniem tego jest również podział wartości produkcji globalnej między przemysł i rolnictwo:

| | przemysł | rolnictwo | razem |
|---|---|---|---|
| 1937 r. | 45,5% | 54,5% | 100% |
| 1948 r. | 64% | 36% | 100% |

Dalszym potwierdzeniem zdrowego przebiegu uprzemysłowienia kraju jest szybszy wzrost produkcji „środków produkcji", określających możliwości rozwojowe przemysłu, w stosunku do wzrostu „środków spożycia":

| | środki produkcji | środki spożycia | razem produkcja przemysłu |
|---|---|---|---|
| 1937 r. | 47% | 53% | 100% |
| 1948 r. | 54% | 46% | 100% |

Socjalistyczny sektor w przemyśle (przemysł państwowy i spółdzielczy) zajął po wyzwoleniu zdecydowanie dominującą pozycję: w całości produkcji przemysłowej (bez rzemiosła) na sektor socjalistyczny przypada w 1948 r. 94%, na prywatny przemysł kapitalistyczny 6%.

Rolnictwo. W 1945 r., gdy rozpoczynała się odbudowa, powierzchnia odłogów, powstałych w wyniku działań wojennych i zniszczeń, spowodowanych przez okupanta, wynosiła 7.941 tys. ha tj. 48,2% całości ziemi ornej. Dzięki wysiłkowi ludności wiejskiej i pomocy państwa odłogi zmniejszyły się w r. 1948 do 1.148 tys. ha, co stanowi 9,0% ziemi ornej. W rezultacie powierzchnia upraw ważniejszych ziemiopłodów zbliża się do przedwojennej (w obecnych granicach). Np. żyto 95,1% przedwojennej powierzchni, jęczmień — 83%, owies — 90%, ziemniaki — 90%, a pszenica wykazuje nawet przekroczenie przedwojennej powierzchni — 103%. W szeregu kultur technicznych nastąpiło wydatne rozszerzenie powierzchni upraw w stosunku do okresu przedwojennego: len — 134%, rzepak i rzepik — 200%, tytoń — 414%.

W ciągu lat powojennych zlikwidowano także spadek wydajności z hektara. W okresie przedwojennym (w dawnych granicach) plon pszenicy z ha wynosił 11,9 q, w 1946 r. 8,8 q, a w r. 1948 znów osiągnął 11,8 q. Analogiczne liczby dla żyta wynoszą: 11,2; 9,0; 12,5.

W rezultacie tych osiągnięć produkcja brutto na głowę ludności trzech zbóż chlebowych osiągnęła 122,1% produkcji przedwojennej. Pozwoliło to uzyskać w 1948 r. samowystarczalność zbożową, a nawet eksportować pewne nadwyżki. Olbrzymie zniszczenia w stanie inwentarza żywego spowodowane wojną i okupacją są jeszcze dalekie od wyrównania.

Produkcja na głowę ludności mięsa wołowego i wieprzowego wraz z tłuszczem handlowym wynosi w r. 1948 zaledwie 91,8% produkcji z roku 1938, a mleka — 74,7%.

Całość produkcji rolnictwa — roślinnej i zwierzęcej łącznie charakteryzują następujące liczby: jeżeli przyjąć łączną produkcję brutto rolnictwa na głowę ludności dla 1938 r. za 100% wynosiła ona w r. 1945 — 45%, a w r. 1948 — 110%. Produkcja rolnicza nie nadąża jednak za tempem wzrostu produkcji przemysłowej. Dotyczy to szczególnie produkcji zwierzęcej, której niski stan jest powodem wciąż jeszcze istniejącego u nas deficytu tłuszczów i okresowych braków mięsa. Import koni i stworzenie dość znacznego parku traktorowego, który w bież. roku wynosił już 14 300 szt., poprawiły znacznie zaopatrzenie rolnictwa w siłę pociągową. Znaczną rolę w podniesieniu produkcji roślinnej odegrało zorganizowane przez państwo zaopatrzenie rolnictwa w nawozy sztuczne — w dużo większym stopniu niż przed wojną. Poważne znaczenie miała znacznie powiększona w stosunku do okresu przedwojennego produkcja maszyn rolniczych, oraz elektryfikacja wsi, których zelektryfikowano w r. 1948 627, gdy przed wojną elektryfikowano zaledwie 50 wsi rocznie.

Handel wewnętrzny. Sytuacja, w której rozpoczął się rozwój handlu wewnętrznego, była wyjątkowo niedogodna i niepomyślna. Upaństwowiony przemysł w pierwszym okresie swego rozwoju nie posiadał własnego aparatu hurtowego, ani aparatu zaopatrzenia i zarówno w zakupach, jak i w sprzedaży zdany był na pośrednictwo kapitalistycznych pośredników.

Wyjścia z tej sytuacji należało szukać z jednej strony w kierunku rozbudowy państwowego aparatu handlowego, z drugiej — w przezwyciężaniu szkodliwych tendencji spółdzielczości i w przekształcaniu jej w instrument socjalistycznego obrotu towarowego, z trzeciej zaś strony w kierunku tworzenia kontroli administracyjnej i społecznej nad handlem prywatnym, ograniczania jego zysków, tępienia spekulacji, zmuszania do przestrzegania ustalonych cen. W rezultacie obroty sektora socjalistycznego (handel państwowy i spółdzielczy) wyniosły w hurcie — w 1948 r — 430% w stosunku do 1945 r., w detalu — 450%. Obroty detalu państwowego wzrosły w tym samym czasie 13-krotnie. Obecnie udział hurtu prywatnego wynosi zaledwie 2,5%. Udział sektora socjalistycznego w całości handlu hurtowego — artykułami przemysłowymi i rolniczymi obecnie wynosi już 80—85%. Obroty detalu socjalistycznego wynosiły w lipcu 25—30% całości obrotów detalicznych, obecnie wynoszą co najmniej 35%.

Rosnąca masa towarowa i wzmocnione pozycje sektora socjalistycznego w handlu pozwoliły na stopniowe ograniczenie systemu kartkowego, co odbywało się na ogół bez zaburzeń. Pozytywne rezultaty opanowania rynku przez sektor socjalistyczny uwidaczniają się najlepiej na przykładzie chleba i mąki. Zadowalający stan zaopatrzenia w chleb i mąkę osiągnięto dzięki temu, że z jednej strony wzrosła wydatnie masa towarowa, z drugiej — dzięki przebudowie spółdzielczości i połączeniu jej działania z aparatem państwowym w Polskich Zakładach Zbożowych. Obrót innymi artykułami rolnymi, zwłaszcza mięsem i tłuszczem, nie wykazuje takiego stopnia zorganizowania, jaki obserwujemy w zbożu.

Sukcesy w organizacji handlu wewnętrznego nie powinny zasłaniać wielu ujemnych zjawisk, charakterystycznych dotąd dla tej gałęzi gospodarczej. Poziom organizacji handlu wewnętrznego nie jest jeszcze dostateczny.

Handel zagraniczny. W 1945 r. nasze obroty zagraniczne w stosunku do okresu przedwojennego wynosiły zaledwie 7,7%, w r. 1946 — 29,1%, w r. 1947 — 58,1%; a w 1948 r. — przekroczyły już poziom przedwojenny osiągając 115,3% obrotu z roku 1938. W przeliczeniu na głowę ludności wzrost obrotów zagranicznych wypada jeszcze lepiej, bo w stosunku do okresu przedwojennego wskaźnik wynosi w 1948 r. 167%. W r. 1948 obroty handlu zagranicznego osiągnęły 1 081 mln. dol.

Szybki i pomyślny rozwój handlu zagranicznego zapewnił gospodarce narodowej możliwości rozwoju. Kraj otrzymywał żywność w okresie, gdy nie mógł jej wyprodukować, otrzymuje wzrastające ilości zagranicznych surowców oraz maszyn i innych artykułów inwestycyjnych. Decydującą rolę w pomyślnym rozwoju handlu zagranicznego i całości naszej gospodarki odegrały stosunki handlowe z ZSRR. Eksport nasz do krajów kapitalistycznych odgrywa coraz większą rolę w ich życiu gospodarczym. Tak np. w bież. roku kraje te otrzymają od nas węgla na ok. 250 mln. dolarów. Nie bacząc na szereg poważnych wad nasz handel zagraniczny wydatnie przekroczył poziom przedwojenny i zapewnił w zasadzie dostawę niezbędnych dla rozwoju gospodarki — żywności, surowców i urządzeń inwestycyjnych.

Komunikacja i żegluga. Komunikacja kolejowa szybko wyrównała olbrzymie zniszczenia wojenne, co dało możność poważnego przekroczenia w 1948 r. poziomu przedwojennego. Przewóz towarów w milionach tonokilometrów wyniósł w 1948 r. 26 tys. w stosunku do 22,4 tys. w roku 1938. Przewóz pasażerów w milionach osobokilometrów wyniósł w r. 1948 19 000 w stosunku 7 500 w r. 1938.

Porty, które w r. 1945 osiągnęły zaledwie 917 tys. ton przeładunku w stosunku do 16 300 tys. ton w r. 1938 osiągną w r. 1948 16 350 tys. ton przeładunku, przekraczając poziom przedwojenny. Rozwój naszej komunikacji lądowej i urządzeń portowych szedł w zasadzie równolegle do rozwoju produkcji i handlu, ułatwiając pomyślny rozwój całości gospodarki.

Położenie materialne ludności pracującej. Rozwój naszej gospodarki, a zwłaszcza przemysłu spowodował znaczny wzrost liczby pracowników najemnych. W r. 1938 liczba pracowników najemnych zatrudnionych poza rolnictwem wynosiła 2 733 tys. W połowie 1948 r. liczba ta zwiększyła się do 3 534 tys. Pracownicy ci stanowili w 1938 r. ok. 8% ogółu ludności, w 1948 r. — 14,6%. Wzrost ten komplikował trudne zadanie podniesienia poziomu materialnego robotników i pracowników umysłowych, katastrofalnie obniżonego wskutek wojny i okupacji. W czerwcu 1948 r. przeciętny zarobek wynosił 13 642 zł z czego na gotówkę przypadało 8 614 zł, reszta na naturalia. Przy porównywaniu obecnego poziomu zarobków z przedwojennym, należy poza uwzględnieniem gotówki, naturaliów i zaopatrzenia reglamentowanego, mieć na uwadze trzy zasadnicze czynniki: likwidację bezrobocia, przerzucenie przez rząd demokratyczny ciężarów ubezpieczeń społecznych na pracodawcę oraz szeroki zasięg akcji socjalnej i wczasów, nie istniejących przed wojną. Najostrożniej obliczony wskaźnik realnych płac pracowników fizycznych wynosi obecnie 110% w stosunku do okresu przedwojennego. Łatwość znalezienia pracy powoduje, że każdy pracownik ma na swoim utrzymaniu mniej członków rodziny, gdyż większa niż przed wojną ich liczba zarabia samodzielnie na utrzymanie.

Pracownicy umysłowi nie osiągnęli jeszcze przedwojennego poziomu płac. Jednakże stosunek przedwojenny zarobków pracowników umysłowych i fizycznych był krzywdzący dla tych ostatnich i dlatego osiągnięcie przez pracowników umysłowych przedwojennego poziomu zarobków będzie musiało trwać dłużej.

Również sytuacja materialna mało i średniorolnych chłopów poprawiła się w sposób istotny. Tak np. w 1948 r. na głowę ludności rolniczej przypadało 1,5 ha użytków rolnych, gdy w roku 1938 tylko 1,1 ha, co oznacza wzrost zaopatrzenia w ziemię o 30%.

Odbudowa Warszawy i Ziem Odzyskanych. Zniszczenia wojenne, które spowodowały zmniejszenie całego trwałego majątku narodowego Polski o ok. 38%, nie mogły być całkowicie wyrównane w ciągu czterech lat. Wyrównana została jednak tak znaczna część tych olbrzymich zniszczeń, że rozwój gospodarki i polepszanie się sytuacji materialnej ludności mogą odbywać się szybko. W latach 1946 i 1947 nakłady inwestycyjne na odbudowę Warszawy wynosiły ok. 10% państwowego planu inwestycyjnego, a w r. 1948 — 11%. Od r. 1945 wydano w ramach planu inwestycyjnego, nie licząc innych środków, na odbudowę Warszawy ok. 48 miliardów zł.

Doniosłym zadaniem planu trzyletniego była odbudowa Ziem Odzyskanych oraz złączenie ich z Polską centralną w jednolity organizm polityczny i gospodarczy. To olbrzymie zadanie w podstawowych zarysach zostało wykonane. Na Ziemiach Odzyskanych mieszka dziś 6 mln. Polaków, w tym 5 mln. nowo-osiedlonych. Państwo przyszło z ogromną pomocą osiedleńcom, przeznaczając na inwestycje na Ziemiach Odzyskanych w ciągu lat 1946/47 i 1948 blisko 1,5 mlrd. zł przedwojennych. W całokształcie inwestycji inwestycje na Ziemiach Odzyskanych wyniosły w r. 1946 — ponad 26%, w r. 1947 — ok. 32%, a w r. 1948 — ok. 38%. Dźwignięty został z gruzów przemysł Ziem Odzyskanych, którego produkcja stanowi w bież. roku ok. 22% całej państwowej produkcji przemysłowej, przy czym dla energii elektrycznej udział ten wynosi 37%, dla węgla — 32%, dla wagonów pod węgiel — 70%. Odbudowana została gospodarka rolna. Zaorano i obsiano ok. 3 mln. ha odłogów. Odbudowano porty w Gdańsku i Szczecinie i uruchomiono małe porty zachodnie.

Finanse. Zadania finansów w okresie po wyzwoleniu były niezmiernie skomplikowane i odpowiedzialne. Trzeba było dostarczyć środków na wykonanie planu inwestycyjnego na odbudowę i rozbudowę gospodarki narodowej. Wydatki na ten cel osiągnęły do dziś sumę 450 mlrd. zł. Trzeba było dostarczać środków na rosnące wydatki budżetowe, na szkolnictwo, oświatę, kulturę, opiekę społeczną, lecznictwo, administrację państwową, wojsko itp. Wydatki te wyniosły 631 mlrd. zł. Trzeba było dać pokrycie na rosnące płace, wyposażyć tysiące przedsiębiorstw państwowych w kapitały obrotowe. Trzeba było finansować rozwijające się burzliwie — produkcję, obrót i komunikację i równocześnie trzeba było stać na straży wartości waluty. Zadania te finanse mogły spełnić tylko pod warunkiem przeprowadzenia słusznej linii klasowej, polegającej na korygowaniu podziału dochodu narodowego na korzyść klasy robotniczej i pracującego chłopstwa i na ograniczaniu zysków elementów kapitalistycznych.

Wykonanie planu trzyletniego. Przemysł wykonał plan w roku 1947 z nadwyżką 3,4%, a w r. 1948 wykona plan z nadwyżką co najmniej 10%.

Rolnictwo wykonywa lub przekracza plan na odcinku zasiewów, zbiorów, pogłowia koni i bydła, wykazuje natomiast odchylenia w dół od planu, jeśli chodzi o trzodę chlewną. W całości rolnictwo rozwija się pomyślniej, niż to przewidywał plan. Plan przewozu towarów został przez koleje wykonany w 1947 r. z nadwyżką 5%, w r. 1948 — 13%; plan przewozu pasażerów — w 1947 r. z nadwyżką, 47,2%, w r. 1948 — 19,6%.

**2. O przedterminowe wykonanie 3-letniego planu odbudowy.**

Zadanie polega na doprowadzeniu do końca wykonania 3-letniego planu przemysłu w ciągu 9—10 miesięcy 1949 r.

Plan stawiał przemysłowi w r. 1949 zadanie zwiększenia produkcji o 26% w stosunku do r. 1948. Jednak dzięki pomyślnym warunkom atmosferycznym, ulepszeniu zaopatrzenia w surowce, a przede wszystkim dzięki potężnemu rozrostowi współzawodnictwa pracy przewiduje się wykonanie planu w r. 1948 z nadwyżką 10%. W ten sposób postawione przez plan trzyletni przed przemysłem zadanie na r. 1949 redukuje się do podniesienia produkcji o 16%.

Przekroczenie planu o 10% w r. 1948 nie jest wynikiem nieodpowiedniego przewidywania, lecz wynikiem tego, że wszedł w grę w rozmiarach nieprzewidzianych nowy czynnik — potężny ruch wpółzawodnictwa pracy. Dziś przemożny wpływ w każdym zakładzie na opinię załogi wywiera idea współzawodnictwa, którą partia poniosła w masy. Przodownicy pracy stanowią w aureoli bohaterstwa przodujący oddział klasy robotniczej i przykładem swym prowadzą za sobą większość mas robotniczych.

Koniecznym warunkiem powstania i rowoju współzawodnictwa było polepszenie sytuacji materialnej klasy robotniczej.

Podstawowe znaczenie współzawodnictwa polega na tym, że krzewi ono i rozszerza socjalistyczny stosunek do pracy, toteż współzawodnictwo stało się w Polsce podstawową metodą budownictwa socjalistycznego.

Czyn kongresowy, będący pięknym przejawem współzawodnicwa, przyczynił się do wzrostu (o 6 mlrd. złotych) produkcji przemysłowej, do bardzo poważnego podniesienia wydajności pracy, do wcześniejszego uruchomienia szeregu nowych obiektów przemysłowych i gospodarczych, do znacznej poprawy jakości produkcji w wielu gałęziach przemysłu, do zmniejszenia kosztów własnych w różnych dziedzinach. Niechże więc od tego kongresu rozpocznie się szlachetne współzawodnictwo o to, kto pełniej i prędzej wykona trzyletni narodowy plan odbudowy gospodarczej. Plan ten może być, powinien być i będzie wykonany w przemyśle na dwa — trzy miesiące przed terminem.

Reforma płac i likwidacja systemu kartkowego. Stawiając zadanie przedterminowego wykonania planu trzyletniego należy uczynić wszystko, aby stworzyć warunki po temu przez usuwanie wszystkich hamulców. Jednym z nich jest dotychczasowy system płac, przeszkadzający rozwojowi naszej gospodarki. Nie chodzi tu o wysokość przeciętnych realnych płac, które w przemyśle przekroczyły poziom przedwojenny, ale o to, że dotychczasowy system płac posiada trzy kardynalne wady: jest niejasny i niezrozumiały, zawiera rażące dysproporcje i niesprawiedliwości, nie stanowi dostatecznego bodźca dla podnoszenia kwalifikacji i wydajności pracy. Wady te wynikają z warunków, w których nasz system płac się kształtował.

W r. 1945 było za mało pieniędzy, by przy ówczesnym stanie zaopatrzenia rynku opłacać pracę gotówką. Dlatego płace gotówkowe były bardzo niskie i znaczna część wynagrodzenia wypłacana była w naturaliach. Gdy rynek został nieco opanowany, wprowadzono system reglamentowanej aprowizacji, który zapewniał pracownikom najpotrzebniejsze artykuły po niskich cenach. W ten sposób powstał system dwóch cen: sztywnych i wolnorynkowych. Wprowadzony został również system premiowania towarami — tzw. system punktów towarowych. W miarę poprawy sytuacji na rynku i wzrostu masy towarowej system punktów towarowych został zniesiony i stopniowo wycofywano z reglamentacji niektóre artykuły, wprowadzając wzamian sztywne dodatki do płac. Wszystko to niezmiernie skomplikowało system płac, w którym znaczną część stanowiłą obecnie sztywne dodatki. W ten sposób znaczna część płacy jest uniezależniona od jakości pracy.

Ten stan rzeczy spowodował, że związki zawodowe oddawna już wysuwały żądanie reformy systemu płac. Reforma taka mogła być jednak przeprowadzona tylko jednocześnie z likwidacją systemu kartkowego, na co trzeba było czekać do czasu, aż narośnie dostateczna masa towarowa.

Obecnie masa towarowa narosła już dostatecznie, pewne rezerwy zostały zgromadzone, co daje w zasadzie możność wolnorynkowego zaopatrzenia i dlatego system kartkowy będzie zlikwidowany 1 stycznia 1949 r. Równocześnie w dniu 1. I. 1949 r. przeprowadzimy reformę płac. Oto jej zasady:

1. Reforma obejmie ok. 3 mln. pracowników przemysłu, handlu, finansów, komunikacji oraz wszystkich pracowników administracji, samorządu i spółdzielczości. Reforma nie dotyczy na razie robotników budowlanych i robotników majątków państwowych, gdyż nie korzystają oni już obecnie z zaopatrzenia reglamentowanego.

2. W płace zostanie wmontowany ekwiwalent za straty, wynikające z likwidacji reszty kart żywnościowych i karty odzieżowej, oraz różnica na cenie obuwia, wydawanego przez szereg zakładów po cenach zniżonych. Uwzględniony będzie ponadto ekwiwalent za podwyżkę cen kolejowych biletów dojazdowych, tramwajów, gazu i elektryczności, która to podwyżka będzie wprowadzona 1 stycznia 1949 r. w związku z likwidacją systemu dwóch cen. Włączone będą również do płacy podstawowej inne dodatki gotówkowe oraz dotacje stołówkowe.

3. W miejsce wycofanych kart rodzinnych wypłacane będą przez ZUS zasiłki rodzinne.

4. W celu ujednolicenia płac wszyscy pracownicy płacić będą podatek od wynagrodzeń, przy czym dla tych pracowników, w stosunku do których podatek od wynagrodzeń nie był dotychczas stosowany, równowartość jego zostanie włączona do płac. Jednocześnie stawka podatku od wynagrodzeń zostanie obniżona, a minimum wolne od opodatkowania — podniesione do 13 tys. zł miesięcznie.

5. Wobec zespolenia się już Ziem Odzyskanych z resztą kraju, płace w całej Polsce zostaną ujednolicone.

6. Będzie przeprowadzona poprawa płac pracowników dotychczas upośledzonych i tych, którzy pracują w specjalnie ciężkich warunkach lub w dziedzinach specjalnie ważnych dla gospodarki narodowej.

7. Dokonany będzie znaczny krok naprzód w kierunku przywrócenia normalnej proporcji między płacą podstawową a tą częścią płacy, która wynika z przekroczenia normy.

8. Zostanie ujednolicona taryfa dla tzw. wspólnych zawodów (wśród fizycznych: straż, palacze, szoferzy, itp., wśród umysłowych — jednakowe czynności administracyjne).

9. Niezależnie od podwyżek, wynikających ze zniesienia systemu kartkowego i włączenia do płac rozmaitych sztywnych dodatków, przeciętna realna podwyżka płac wyniesie ok. 10%. W rezultacie reformy najniższe uposażenie dniówkowe wyniesie 42,50 zł na godz., czyli 8 500 zł miesięcznie.

Szereg wad obecnego systemu płac pozostanie jeszcze, ale nowy system płac będzie znacznie lepszy od poprzedniego i będzie poważnym krokiem na drodze do naprawdę dobrego.

Ze sprawą reformy płac łączy się nierozerwalnie zagadnienie norm, które są podstawą wszelkiego planowania. Normy wydajności nie mogą być jednakowe przy różnych warunkach i w różnych okresach czasu. Stan rzeczy w tym zakresie jest u nas wyraźnie zły. Panuje wielka różnorodność przy równych warunkach. Powoduje to nieusprawiedliwione dysproporcje w płacach i rozgoryczenie klasy robotniczej. Często normy są sztucznie zniżone, co częściowo wynikało z wadliwego systemu płac. Często normy nie postępują za zmianami w technice.

Zjednoczona partia musi wszechstronnie wyjaśniać klasie robotniczej, że niski poziom techniki i organizacji pracy, niska wydajność, niskie normy wydajności pracy — to niska produkcja, niski dochód narodowy, niskie płace i niski poziom życia. Partia musi wyjaśniać klasie robotniczej, że zasadą budownictwa socjalistycznego jest coraz wyższy poziom techniki i organizacji pracy, coraz wyższa wydajność (coraz wyższe normy wydajności), coraz wyższy poziom produkcji, coraz wyższe —dochód narodowy, poziom płac, poziom życia. Partia musi wyjaśniać, że i przy obecnej reformie płac i przy rewizji norm, nowe normy zostaną tak ustalone, iż nie tylko nie spowodują obniżki zarobków, ale dadzą możność dalszej systematycznej ich poprawy.

Niektóre zagadnienia rolnicze w r. 1949. Trzyletni plan rozwoju rolnictwa jest wykonywany pomyślnie i znaczne uwstecznienie w stosunku do zamierzeń mamy tylko na odcinku wzrostu pogłowia trzody chlewnej, co powoduje m. in. okresowe braki mięsa. Trudności te wywołane są tym, że sprawę pozostawiono żywiołowemu rozwojowi i zaniedbano stosowania środków zmierzających do zorganizowania przyśpieszonego wzrostu pogłowia trzody.

Plan Inwestycyjny 1949 r. przeznacza 5,2 mlrd. zł na podniesienie produkcji hodowlanej. Niezależnie od tego budżet państwowy przeznacza na te same cele 1,8 mlrd. zł.

Nowe zadania w handlu. Jednym z najważniejszych zadań 1949 r. będzie dokonanie dalszych postępów w organizacji handlu. Przygotowania obecne dążą do przybliżenia towarów do konsumenta, skrócenia cyklu obrotów, zabezpieczenia dostatecznych rezerw interwencyjnych.

Plan Inwestycyjny 1949 r. przewiduje znaczne sumy dla spółdzielczości wiejskiej.

W 1949 r. będzie kontynuowana dalsza rozbudowa uspołecznionego aparatu handlowego, hurtowego i detalicznego.

Podstawowe zadania w zakresie handlu na r. 1949 sprowadzają się do dokładnego i sprawnego przeprowadzenia likwidacji systemu kartkowego i przejścia na obrót wolnorynkowy; do uczynienia dalszego kroku naprzód w kierunku właściwej organizacji rynku mięsnego; do lepszego zaopatrzenia wsi w towary przemysłowe i lepszego zbierania podaży artykułów rolniczych; do dalszej przemyślanej rozbudowy aparatu handlowego uspołecznionego i właściwej polityki ograniczania elementów kapitalistycznych w handlu z wykluczeniem wszelkiego awanturnictwa w tej dziedzinie.

Przybliżanie kierownictwa do obiektów gospodarczych. Rosnące i coraz bardziej skomplikowane zadania kierowania życiem gospodarczym wymagają nowych form organizacyjnych, działalności aparatu administracji gospodarczej i kierujących nim władz naczelnych. Formy te bądź nie uległy zmianie w ciągu ostatniego okresu, bądź zmiany nie były decydujące. Najważniejszą ujemną stroną obecnej organizacji kierowania życiem gospodarczym jest oddalenie, a czasem nawet izolacja od kierowanych obiektów. Kierownictwo zjednoczenia oddalone jest od fabryk, nie bardzo dobrze wie, co się tam dzieje, i widzi rzeczywistość tylko przez papierki. To samo dotyczy centralnych zarządów, central handlowych itd. Potrzebne nam jest takie kierownictwo, które opiera się na dokładnej znajomości techniki i kadr kierowanego obiektu. W tym celu trzeba będzie w r. 1949 stopniowo, w sposób przemyślany przeprowadzić reorganizację całej administracji gospodarczej i jej władz nadrzędnych pod hasłem przybliżenia kierownictwa do kierowanych obiektów. Ułatwi to niewątpliwie walkę z biurokratyzmem.

System oszczędzania. Kluczowym zagadnieniem nie tylko dla 1949 r., ale dla całego okresu, w który wchodzimy, dla całego okresu budownictwa socjalizmu jest wprowadzenie w całej gospodarce twardego i bezwzględnego, przemyślanego i rozganizowanego systemu oszczędzania.

Rok 1949 stawia wielkie i trudne zagadnienia finansowe. Wzrośnie fundusz płac, wydatki na oświatę, lecznictwo, opiekę społeczną. Wzrosną znacznie wydatki inwestycyjne, które będą stanowiły 131,2% wydatków r. 1948. Tempo wydatków inwestycyjnych nie może być zmniejszone, gdyż oznaczałoby to zmniejszenie tempa naszego rozwoju. Rozwijamy się szybko dlatego, że dużo inwestujemy.

Musimy inwestować z tego, co sami wygospodarujemy, z tego co sami nagromadzimy. Tym ważniejszym jest, aby to, co nagromadzimy, było wydawane oszczędnie i bez marnotrawstwa w kierunkach najbardziej istotnych. Oszczędzać znaczy wykorzystywać wszystkie rezerwy i likwidować wszelkie marnotrawstwo po to, żeby jak najpełniej zaspakajać potrzeby rosnącej gospodarki narodowej i inwestować coraz więcej w najbardziej pożądanych kierunkach. Jest zbrodnią w naszych warunkach, jeśli nie można wybudować fabryki, drogi, szkoły czy szpitala dlatego, że nie wykorzystano rezerw, nie wygospodarowano odpowiednich środków, choć można było tego dokonać, albo też wygospodarowane środki zużyto źle — w marnotrawieniu.

Faktem jest, że marnotrawimy surowiec, źle wykorzystując maszyny i urządzenia, niechętnie odnosząc się do nowych procesów technologicznych, stosując biurokratyczną, przestarzałą organizację kierownictwa, administracji itd. Trzeba tworzyć surowy i bezwzględny, zorganizowany i przemyślany system oszczędzania w naszych gospodarstwach. System oszczędzania to systematyczna praca w kierunku oszczędzania i dostosowania do tej pracy form organizacyjnych. System oszczędzania — to wielki, zapamiętały, uparty, nieustający wysiłek.

### 3. Sześcioletni plan budowy fundamentów socjalizmu w Polsce.

Czasokres planu. Po zakończeniu w 1949 r. trzyletniego planu odbudowy rozpocznie się 1 stycznia 1950 r. realizacji nowego długo-falowego planu. Przygotowanie takiego planu wymaga olbrzymiej pracy, której musi być z góry nadany kierunek. Plan opiera się na naukowym określeniu możliwości ekonomicznych i społecznych, na naukowym określeniu zadań do zrealizowania zgodnych z kierunkiem i tempem rozwoju społecznego. Dokonać tego można tylko opierając się na nauce marksizmu-leninizmu.

Dlaczego ustalono taki, a nie inny czasokres planu, dlaczego ustalono, że będzie to plan 6-letni? Zadaniem pierwszego planu 3-letniego była odbudowa. Przewidywano, jak się okazało słusznie, że odbudowa może być wykonana w ciągu 3 lat. Zasadniczym zadaniem drugiego planu gospodarczego jest rozwój, rozbudowa i przebudowa gospodarcza Polski. Pełny cykl obejmujący projektowanie nowych zakładów, ich budowę, uruchomienie produkcji i osiągnięcie pierwszych rezultatów produkcyjnych trwa trzy, cztery, a dla bardzo wielkich obiektów i więcej lat. Wynika z tego, że czasokres planu rozbudowy musi być znacznie dłuższy niż planu odbudowy. Z drugiej strony naukowe przewidywanie na dłuższy okres, na 10, 12 lat, nie jest w naszych obecnych warunkach możliwe. Dlatego wybrano jako czasokres planu 6 lat.

Zasadnicze założenia planu. Zasadniczym założeniem planu jest budowanie fundamentów socjalizmu w Polsce.

Na czym konkretnie ma ono polegać? Żeby zbudować fundamenty socjalizmu trzeba w poważnym stopniu zlikwidować zacofanie ekonomiczne Polski i silnie podnieść poziom jej sił wytwórczych. Zbudowanie podstaw socjalizmu wymaga jednak rozwoju tych sił w określonym kierunku. Jest to kierunek, który najbardziej sprzyja wzrostowi sił socjalistycznych, a wypiera i likwiduje kapitalistyczne elementy gospodarcze. Ponieważ zaś źródłem wyrastania kapitalizmu jest gospodarka drobnotowarowa, kierunek wzrostu sił wytwórczych powinien najbardziej sprzyjać dobrowolnemu przekształceniu się gospodarki drobno-towarowej w socjalistyczną. Potrzebna jest w tym celu odpowiednia baza techniczna i materiałowa, którą stworzyć może tylko rosnąca produkcja środków produkcji. Wynika z tego, że zbudowanie fundamentów socjalizmu w Polsce — to znaczne podniesienie poziomu sił wytwórczych ze szczególnym wzrostem produkcji środków wytwarzania, jako podstawowym kierunkiem rozwoju. Zbudowanie fundamentów socjalizmu nie będzie jeszcze pełną likwidacją elementów kapitalistycznych, ale będzie oznaczało znaczny spadek ich roli w gospodarce. Chodzi o to, aby w żadnej dziedzinie gospodarki elementy kapitalistyczne nie posiadały istotnego i poważnego znaczenia tak, jak dzieje się np. teraz w rolnictwie, gdzie elementy kapitalistyczne, nie reprezentując większości produkcji, wywierają jednak czasem decydujący wpływ na rynek.

Poważne podniesienie sił wytwórczych tylko wtedy da wyniki, jeżeli w parze z nim będzie szło podniesienie dobrobytu materialnego, wzrost kultury i świadomości mas pracujących. Bez tego bowiem nowe siły wytwórcze nie mogłyby być efektywnie wykorzystane.

Założenia planu 6-letniego w zakresie przemysłu. Przy omawianiu założeń planu 6-letniego w zakresie przemysłu nasuwa się pytanie, dotyczące zagadnienia tempa wzrostu przemysłu w okresie tych sześciu lat. Dotychczasowe tempo rozwoju przemysłu było bardzo szybkie. W 1947 r. wzrost produkcji przemysłowej w stosunku do poziomu 1946 r. osiągnął prawie 39%, a w 1948 r. w stosunku do 1947 r. osiągnął ponad 31%. Takie tempo wzrostu produkcji nie będzie mogło utrzymać się w okresie planu 6-letniego, ponieważ dotychczas odbudowywaliśmy przemysł, a w planie 6-letnim będziemy go rozbudowywać. Jasne jest, że znacznie szybciej uzyskuje się przyrost produkcji odbudowując zniszczone zakłady, niż stawiając nowe. Dlatego średnioroczne tempo przyrostu produkcji przemysłowej w planie 6-letnim wynosić będzie 11—12%.

Dla porównania można przytoczyć, że w latach 1897—1913, tzn. w latach pomyślnego rozwoju produkcji w krajach kapitalistycznych przeciętny przyrost roczny produkcji przemysłowej wynosił: w Anglii 1,9%, we Francji 2,93%, w Niemczech 3,72%. W Związku Radzieckim przeciętny przyrost rocznej produkcji przemysłowej wynosił w pierwszej „5-latce" 1928—1932 r. 22%, w drugiej 1933—1937 r. 17,1%, w latach 1938—1940 13%. Zaplanowane u nas tempo przyrostu produkcji przemysłowej zbliża się najbardziej do nieosiągalnego dla krajów kapitalistycznych tempa Związku Radzieckiego w okresie lat 1938—1940. Tempo to należy uważać za bardzo wysokie i wyma-

gające wielkiego wysiłku. W rezultacie produkcja przemysłowa winna w końcu sześciolecia osiągnąć wzrost o 85—95% ponad produkcję roku 1949. Produkcja ta będzie z górą trzykrotnie większa od przedwojennej, a w przeliczeniu na głowę ludności — z górą czterokrotnie większa od produkcji przedwojennej.

Stosownie do podstawowego kierunku naszego uprzemysłowienia najszybsze tempo wzrostu produkcji przewidziane jest dla podstawowych środków wytwórczych z wyjątkiem węgla. Dla węgla, który już pod koniec planu trzyletniego osiąga bardzo wysoki poziom produkcji, przewidziany jest wzrost jedynie 22—28%. Tym niemniej pod względem wydobycia na jednego mieszkańca Polska wysunie się na jedno z czołowych miejsc w świecie, gdyż wyniesie ono pod koniec 6-lecia mniej więcej tyle, co w Stanach Zjednoczonych w 1937 r.

Jądrem uprzemysłowienia jest szybki wzrost produkcji maszyn, zależny od produkcji stali. Produkcję stali odziedziczyliśmy na wyjątkowo niskim poziomie i nawet obecnie po znacznym przekroczeniu tego poziomu jest ona w przeliczeniu na głowę ludności 2,5 raza niższa niż w Czechosłowacji. To też rozszerzenie produkcji stali jest jednym z podstawowych zadań. Zostanie ono osiągnięte drogą rozbudowy starego hutnictwa i uruchomienia części nowej wielkiej huty o zdolności produkcyjnej 1.5 miliona ton stali. Jest to ilość niewiele mniejsza od obecnej naszej produkcji stali. Urządzeń dla tej huty dostarcza nam Związek Radziecki.

W rezultacie produkcja stali wzrośnie prawie dwukrotnie w stosunku do okresu przedwojennego. W planie 6-letnim będzie również rozpoczęta budowa drugiej wielkiej huty na wschodzie kraju. W oparciu o rozszerzoną bazę hutniczą rozwinie się silnie przemysł metalowy i maszynowy, którego produkcja wyniesie 210% w stosunku do roku 1949. Najsilniej rozwinie się produkcja obrabiarek, która wykaże dwudziestokrotny wzrost w porównaniu z okresem przedwojennym.

Przemysł chemiczny posiada u nas szczególnie dogodną bazę surowcową i powinien stać się drugim po węglu narodowym przemysłem polskim. Produkcja przemysłu chemicznego wyniesie 290—300% w stosunku do 1949 r.

Wytyczne planu przewidują szczególnie silny wzrost tych środków wytwórczych, które mają decydujące znaczenie dla unowocześnienia gospodarki rolnej. Produkcja nawozów azotowych powinna wynosić ok. 2,5 raza więcej niż w r. 1949 i ok. 5 razy więcej niż w r. 1937. Jeszcze szybciej wzrośnie produkcja nawozów fosforowych. Produkcja traktorów wyniesie w r. 1955 10 do 12 tys. szt. rocznie, tzn. 5—6 razy więcej niż w r. 1949.

W wyniku wielkiego kroku naprzód w dziedzinie motoryzacji, będziemy produkować w r. 1955 ok. 15 tys. samochodów ciężarowych i ok. 10 tys. samochodów osobowych.

Podstawą rozwoju wszystkich tych wielkich gałęzi przemysłu będzie rozbudowa wielkiej bazy energetycznej. Produkcja energii elektrycznej będzie dwa razy większa niż w r. 1949, a w przeliczeniu na głowę ludności wyniesie znacznie więcej niż we Francji przed wojną.

Wzrost produkcji przemysłowej gwarantuje zamierzone podniesienie stopy życiowej ludności przez dostarczenie odpowiedniej ilości artykułów bezpośredniego spożycia. Dlatego produkcja tkanin bawełnianych wzrośnie o 50%, wełnianych o 30%, lnianych o 100% w stosunku do 1949 r. Produkcja obuwia będzie 2.5 raza większa niż w r. 1949, a produkcja cukru zwiększy się o 25%, co pozwoli na spożywanie 24 kg cukru rocznie przez każdego mieszkańca i będzie oznaczało przekroczenie poziomu spożycia Czechosłowacji i Francji przed wojną.

Specjalna uwaga będzie zwrócona na rozwój drobnego przemysłu państwowego, spółdzielczego i samorządowego, co przyczyni się do lepszego nasycenia rynku towarami bezpośredniego spożycia.

Jednym z centralnych punktów planu przemysłu będzie jego usprawnienie techniczne. Usprawnienie to łącznie z dalszym rozwojem i pogłębieniem ruchu współzawodnictwa pracy, robotniczego nowatorstwa technicznego i wynalazczości technicznej winno dać wzrost wydajności pracy w przemyśle przeciętnie od 40—45% oraz znaczne obniżenie kosztów własnych.

Wzrost produkcji przemysłowej będzie osiągnięty dzięki modernizacji, podniesieniu poziomu technicznego i podniesieniu wydajności. Jednocześnie zbuduje się w okresie 6-lecia ok. 350 większych zakładów przemysłowych z załogą ok. 300 tys. ludzi. Powstaje pytanie, gdzie te zakłady rozmieszczać?

Dotychczasowe rozmieszczenie przemysłu odznacza się wyjątkową nierównomiernością. Najbardziej uprzemysłowione województwa — śląsko-dąbrowskie, dolnośląskie i łódzkie, zajmując łącznie niecałe 20% terytoriów Polski, grupują 71,5% pracowników przemysłowych. Najbardziej upośledzone są województwa: olsztyńskie, białostockie i lubelskie. Zajmując ok. 22% powierzchni państwa, grupują one tylko 1,7% zatrudnionych w przemyśle.

W okresie 6-letniego planu należy tę nierównomierność choćby w pewnym stopniu złagodzić, gdyż ważne jest, aby klasa robotnicza, przodująca i najbardziej postępowa siła narodu, występowała na terenie całego kraju silnymi i zwartymi koncentracjami, stanowiąc prawdziwe twierdze socjalizmu. Jest to konieczne również i dlatego, że średnie miasta i miasteczka, które żyły dawniej z handlu i pośrednictwa, obecnie przy zmianie stosunków gospodarczych — mogą znaleźć się w trudnej sytuacji. W miastach i miasteczkach nieprzemysłowych w centralnej i wschodniej Polsce mamy też dużo niewykorzystanych pomieszczeń, łatwiej tam jest o siłę roboczą i o mieszkania dla niej. Kiedy rozeszła się wieść o opracowywaniu planu 6-letniego, szereg delegacji z miast i miasteczek przedstawiło swe dezyderaty, sprowadzające się do gorących próśb o ulokowanie w nich jakiegoś zakładu przemysłowego. Świadczy to, jak bardzo ta sprawa dojrzała. Dlatego jednym z czołowych zadań 6-letniego planu winno być ożywienie zaniedbanych obszarów Polski. Nowe zakłady przemysłowe należy budować przede wszystkim w województwach wschodnich i centralnych. Przewiduje się, że z 300 tys. robotników nowowybudowanych zakładów ok. 200 tys. przypadnie na województwa dotychczas mało uprzemysłowione. Ożywi to zaniedbane dotychczas obszary, przesunie przemysł na wschód i północ i rozsieje po całym kraju mocne ośrodki proletariackie — nowe twierdze socjalizmu.

Odrębne zagadnienie stanowi odbudowa i rozbudowa przemysłu w stolicy kraju. Warszawa, miasto wielkich rewolucyjnych tradycji polskiego proletariatu, znów musi się stać miastem robotniczym. Dlatego winny być odbudowane stare warszawskie fabryki o bogatych tradycjach rewolucyjnych, a także zbudowane nowe wzorowe zakłady przemysłowe, z których największym będzie wielka warszawska fabryka samochodów osobowych na Żeraniu. Warszawa i jej najbliższe okolice staną się dużym ośrodkiem przemysłu metalowego, elektrotechnicznego i odzieżowego. W ciągu okresu 6-letniego liczba zatrudnionych w przemyśle wzrośnie w Warszawie o 33 tys.

Z a ł o ż e n i a  p l a n u  w  r o l n i c t w i e. Skoro podstawowym zadaniem 6-letniego planu jest uprzemysłowienie kraju, to jasne jest, że ciężar gatunkowy przemysłu będzie rósł, a ciężar gatunkowy rolnictwa względnie będzie malał. Produkcja rolnicza będzie rosła, ale wzrost jej będzie wolniejszy, niż wzrost produkcji przemysłowej. Jednakże odchylenie to nie powinno być zbyt wielkie, gdyż inaczej podstawy rozwoju przemysłu zostaną zagrożone. W okresie 6-lecia będzie rosło zapotrzebowanie produktów rolniczych ze strony ludności miejskiej, będzie się również podnosiła konsumcja samej ludności wiejskiej. To też rolnictwo powinno nadążać za przemysłem w takim tempie, żeby zapewnić podniesienie konsumcji ludności. Wzrost przemysłu, opartego na surowcach rolniczych, będzie wymagał coraz większej produkcji skóry, lnu, buraków, ziemniaków itd. Toteż rolnictwo powinno nadążać za przemysłem w takim tempie, żeby zapewnić wzrost dostaw surowców rolniczych dla przemysłu, opartego o te surowce. Rosnący przemysł będzie potrzebował coraz więcej maszyn i surowców przywożonych zza granicy. Dla pokrycia tego importu trzeba będzie wzmagać eksport — również i eksport produktów rolniczo-spożywczych; toteż rolnictwo powinno nadążać za przemysłem w takim tempie, ażeby zapewnić dostateczne nadwyżki produktów rolniczo-spożywczych na eksport. Po to zatem, żeby mógł być zrealizowany plan 6-letni, którego jądrem jest szybki wzrost przemysłu, musi również bardzo szybko wzrastać produkcja rolnicza. Produkcja przemysłowa ma wzrosnąć

o 85—95%. Aby to było realne, produkcja rolnicza musi wzrosnąć w okresie 6-lecia o 35—45%. Takie właśnie zadanie stawia plan rolnictwu.

W żadnym kraju kapitalistycznym zadanie takie nie byłoby wykonalne. Może być jednak i będzie wykonalne u nas z kilku przyczyn. Po pierwsze, przemysł nastawia się na silny wzrost produkcji środków wytwórczych, służących rolnictwu. W okresie 6-letnim otrzyma ono z produkcji krajowej i z importu 50—60 tys. traktorów i poważną liczbę samochodów. Wartość maszyn rolniczych będzie w ciągu 6 lat pięć razy większa niż w takim samym okresie przed wojną. Zaopatrzenie w nawozy sztuczne będzie wielokrotnie wyższe niż przed wojną. W okresie 6-lecia będzie zelektryfikowanych 8—10 tys. gromad. Wszystko to razem da rolnictwu nową potężną bazę techniczną i pozwoli osiągnąć wzrost produkcji, nieosiągalny w krajach kapitalistycznych.

Po drugie, państwo uczyni wszystko, aby przez oświatę rolniczą rozpowszechniać na wsi zdobycze nowoczesnej agrotechniki i racjonalny płodozmian, aby podnieść odsetek upraw pastewnych dla rozwoju hodowli, zwiększyć produkcję nasion selekcyjnych i materiału hodowlanego, unowocześnić metody selekcji i hodowli roślin i zwierząt, podnieść jak najbardziej kulturę gleby.

Po trzecie, majątki państwowe obejmujące ok. 10% powierzchni uprawnej staną się wzorowymi, socjalistycznymi gospodarstwami rolnymi i znacznie rozszerzą swą produkcję zbożową i hodowlaną, a przede wszystkim produkcję towarową.

Po czwarte, państwo będzie wszechstronnie pomagać biednym i średnim chłopom, ograniczając kapitalistyczne elementy i umożliwiając chłopom korzystanie z nowoczesnych maszyn przez rozwój ośrodków maszynowych.

Po piąte, będą się rozwijały stopniowo, systematycznie, na podstawie pełnej dobrowolności spółdzielnie produkcyjne, które stanowią wyższą formę gospodarki i będą wywierały rosnący wpływ na podniesienie produkcji rolniczej.

Oto dlaczego podniesienie produkcji rolniczej w ciągu 6 lat o 35—45%, nieosiągalne w warunkach kapitalistycznych, jest w naszych warunkach całkowicie realne i będzie osiągnięte. Ponieważ podniesienie produkcji rolniczej będzie się odbywało w ramach ogólnej walki i zbudowania fundamentów socjalizmu, wzmocni ono jednocześnie bezpośrednio socjalistyczną bazę w rolnictwie — majątki państwowe i spółdzielnie produkcyjne, wzmocni biednego i średniego chłopa, a ograniczy i osłabi elementy kapitalistyczne na wsi, pozbawiając je możności wywierania istotnego i poważnego wpływu na rozwój rolnictwa i kształtowanie się rynku.

**Podniesienie dobrobytu, oświaty i kultury mas pracujących.** Nieodłącznym składnikiem zbudowania fundamentów socjalizmu jest znaczne podniesienie dobrobytu, oświaty i kultury mas pracujących.

Dochód narodowy rozdziela się na dwie części, na część, którą się spożywa, i na część, która się akumuluje, tzn. przeznacza na inwestycje dla dalszej rozbudowy gospodarczej. Najlepsza, najkorzystniejsza proporcja między wielkością spożycia i akumulacji jest taka proporcja, która gwarantuje największe możliwie tempo rozwoju gospodarczego i najszybsze możliwie tempo wzrostu dobrobytu i kultury mas pracujących. Taka właśnie proporcja jest planowana i dzięki temu przeciętna stopa życiowa mas pracujących podniesie się w końcu planu 6-letniego o 55—60% w stosunku do 1949 r.; będzie ona ok. 2 razy wyższa od stopy życiowej przedwojennej. Z podniesieniem stopy życiowej w mieście i na wsi pójdzie w parze polepszenie warunków mieszkaniowych przez zbudowanie 520 tys. nowych izb mieszkalnych oraz szeroka rozbudowa instytucji oświaty, kultury i lecznictwa.

W okresie planu 6-letniego winien być dokonany znaczny krok w kierunku realizacji rewolucji kulturalnej, tzn. w kierunku likwidacji analfabetyzmu, w kierunku zapewnienia masom pracującym możliwości kształcenia się, w kierunku udostępnienia robotnikom i chłopom korzystania z dorobku kultury, nauki i sztuki, w kierunku wszechstronnego i pełnego rozwoju twórczych zdolności mas.

**O nową ludową inteligencję techniczną.** Wytyczne planu 6-letniego stwierdzają: „W okresie 6-lecia winno zostać przeszkolonych w zawodach nierolniczych ponad 800—900 tys. robotników, od 80—100 tys. techników i ok. 24 tys. inżynierów". Jest to zadanie bardzo trudne, ale bez wypełnienia tego zadania nie może być mowy o pomyślnej realizacji planu 6-letniego.

Dotychczas w naszej gospodarce mieliśmy bardzo małą ilość sił technicznych i inżynieryjnych, co przynosi nam olbrzymie szkody. Z takim minusem sił inżynieryjnych i technicznych, jaki istnieje obecnie, pracować w okresie rozbudowy na pewno nie będzie można. Trzeba więc szkolić, szkolić i jeszcze raz szkolić i to zaraz, nie tracąc czasu i nie żałując środków i sił.

Każda klasa przodująca miała swoją własną inteligencję toteż polska klasa robotnicza i polskie masy ludowe stworzą swoją własną inteligencję. Dlatego szkolić będziemy inteligencję mas ludowych, inteligencję klasy robotniczej. Państwo poczyniło już poważne kroki w kierunku umożliwienia młodzieży robotniczej i chłopskiej kształcenia się w wyższych uczelniach. Te kroki są niedostateczne i muszą być jak najszybciej rozszerzone. Nie możemy jednak ograniczać się do formowania nowej inteligencji tylko przez kształcenie młodzieży. Nie mamy na to czasu. Z kogóż więc, prócz młodzieży, formować nową inteligencję ludową?

W ciągu czterech lat po wyzwoleniu wyrosła u nas znaczna warstwa klasy robotniczej, która ma wszystkie dane na przekształcenie się w inteligencję ludową. Są to robotnicy, wysunięci na stanowiska dyrektorów, wicedyrektorów, kierowników działów, są to najbardziej doświadczeni uświadomieni przodownicy pracy, są to liczni wysoce wyspecjalizowani i kulturalni robotnicy. Brak im wykształcenia ogólnego i specjalnej wiedzy technicznej. Trzeba, żeby państwo ludowe, w przyspieszonej, skróconej formie dało im to wykształcenie i wiedzę. Trzeba znaczną część takich ludzi posłać na specjalną naukę, a na ich miejsce wysunąć nowych. W ten sposób przyspieszone zostanie formowanie nowej ludowej inteligencji, a ta wspólnie z tą częścią starej inteligencji, która chce i umie kroczyć noga w nogę z życiem, stanie do wielkich zadań budownictwa socjalizmu w Polsce.

STANISŁAW SZPOR

# Piorun, przepięcia, ochrona odgromowa i koordynacja izolacji na MKWSE 1948 r.

Treść. Nowe badania nad piorunem i krytyka dawnych wyników uzyskanych za pomocą pręcików magnetycznych. Nowa teoria przepięć atmosferycznych indukowanych. Badania nad wpływem ulotu na fale przepięciowe. Przyczynki o przepięciach ziemnozwarciowych i łączeniowych. Własności udarowe uziemień o charakterze ostrzowym. Dane o wytrzymałości udarowej różnych elementów. Koordynacja izolacji w sieciach na bardzo wysokie napięcia z uziemionym punktem zerowym. Próby udarowe transformatorów.

**Молния, перенапряжения, молниеотводы и координация изоляции (на основании работ CIGRÉ 1948 г.).** Последние исследования в области прямого удара молнии и критика прежних результатов, полученных при помощи стержневых громоотводов. Новая теория индуктированных атмосферных перенапряжений. Исследования в области влияния короны на волны перенапряжения. Перенапряжения при замыкании на землю и коммутационные перенапряжения вообще. Характеристика иглообразных заземлителей. Импульсная прочность различных изолирующих элементов и искровых промежутков. Координация изоляции в сетях с заземленной нейтралью, в частности при очень высоких напряжениях. Импульсные испытания трансформаторов.

**Lightning, Overvoltages, Lightning Protection and Insulation Coordination at the CIG/RE 1948.** New investigations in respect of lightning, and theoretical revision of former results obtained with the magnetic links. New theory of induced lightning overvoltages. Studies as to the influence of corona on surges. Contributions to the problem of arcing and switching overvoltages. Characteristics of pointed earthing electrodes. Data as to the impulse strenght of different insulating elements and air gaps. Insulation coordination in systems with grounded neutral, particularly for highest voltages. Impulse testing of transformers.

**Foudre, surtensions, protection et coordination des isolements à la CIGRÉ, 1948.** Nouvelles études sur la foudre et critique des anciens résultats obtenus à l'aide de faisceaux magnétiques. Nouvelle théorie des surtensions atmosphériques induites. Recherches sur l'influence de l'effet de couronne sur les ondes de choc. Contributions aux problèmes de surtensions produites par les mises à la terre et par les coupures. Caractéristiques des électrodes pointues de mise à la terre. Caractéristiques au choc d'éclateurs et de différents éléments d'isolement. Coordination des isolements dans les réseaux à très hautes tensions avec neutre isolé, en particulier pour les plus hautes tensions. Essais au choc de transformateurs.

## 1. Wstęp.

Zagadnienia związane z piorunem, z przepięciami atmosferycznymi i z ochroną odgromową były dyskutowane na ostatniej sesji Międzynarodowej Konferencji Wielkich Sieci w Paryżu (a częściowo także w Komitecie studiów nad piorunem i przepięciami) w czerwcu i lipcu 1948 i stanowiły, podobnie jak dawniej, jedną z ciekawszych dziedzin. Wprawdzie ostatnie dziesięciolecie nie przyniosło już wielkich nowości technicznych w tym kierunku, ale jeszcze obecnie opracowuje się dużo ciekawych udoskonaleń, przyczynków naukowych doświadczalnych i teorytycznych, zmienia się poglądy na niektóre szczegóły.

Zagadnienia koordynacji izolacji również były przedmiotem obrad w dwu miejscach — na Konferencji Wielkich Sieci i w Komitecie koordynacji izolacji.

## 2. Badania nad piorunem.

Część referatu Bergera [1] daje krytyczny przegląd najnowszej literatury o piorunie. W obszernym materiale doświadczalnym istnieją jeszcze pewne rozbieżności i niejasności. Zachodzi jeszcze konieczność dalszych badań nad złożonym mechanizmem pioruna.

Jedną z zagadek jest niezgodność wyników Bergera z Monte San Salvatore w Szwajcarii z innymi danymi doświadczalnymi w sprawie biegunowości piorunów. Oto na Monte San Salvatore tylko połowa piorunów posiada znak ujemny (tzn. pochodzi z ujemnie naładowanych obszarów chmur), podczas gdy inne badania wskazują na wybitną przewagę znaku ujemnego. Na posiedzeniu Komitetu pioruna i przepięć podpisany wysunął przypuszczenie, że burze nad Monte San Salvatore mogą mieć charakter miejscowy i że mały obszar dodatni w dolnej części chmury burzowej (według badań balonowych Simpsona i współpracowników) może mieć szczególną skłonność do trzymania się nad stacją doświadczalną Bergera. Za prawdopodobieństwem tego wyjaśnienia przemawia fakt, że pioruny dodatnie na Monte San Salvatore są pojedyńcze, podczas gdy pioruny ujemne bywają często wielokrotne. Według Schonlanda bowiem pioruny wielokrotne pochodzą z rozległych obszarów chmury. Dolny obszar dodatni może więc być za mały dla zasilenia pioruna wielokrotnego. W sprawie tej wywiązała się dłuższa dyskusja, prowadząca do wniosku, że konieczne są dodatkowe badania w pobliżu San Salvatore.

Berger wyraża w swym referacie pogląd, że nie ma jeszcze rozstrzygnięcia problemu, czy własności gruntu lub powietrza mają wpływ na miejsce uderzenia pioruna. Również Roth wypowiedział się w Komitecie za koniecznością przeprowadzenia badań, które by wyświetliły to zagadnienie.

Mc Cann i Harder [2] dają sprawozdanie z wielkiej serii badań doświadczalnych nad piorunem, rozpoczętych w r. 1937 przez firmę Westinghouse. Są to prace niezależne od głośnych badań przeprowadzonych przez inżynierów General Electric Company w sieciach i na Empire State Building. Referat wylicza bogatą aparaturę rejestracyjną: oscylograf katodowy z żarzoną katodą, pręciki magnetyczne i bardziej złożone układy z precikami, służące do rejestracji przebiegu prądu (fulchronograf z wielką liczbą wirujących precików), stromości czoła prądu i ładunku udarowego (układy dławikowo-opornikowe), a dalej rejestrator fotograficzny wyładowania w małej przerwie iskrowej oraz aparaty fotograficzne z ruchomym filmem. Wyniki badań na wysokich budynkach (do 175 m) wypełniły lukę między danymi z Empire State Building (wysokość ok. 400 m) a obfitą literatura o uderzeniach w miernie wysokie przedmioty. Jak wiadomo, pierwsze wyładowanie wstępne pioruna rozwija się na Empire State Building od budynku do chmury, a w przypadku przedmiotu o niezbyt wielkiej wysokości (drzewo, słup elektryczny, budynek) kierunek jest przeciwny: od chmury w dół. Według referatu Mc Canna i Hardera najmniejsza wysokość, dla której zarejestrowano rozwój pierwszego wyładowania do góry, wynosi 98 m. Powyżej tej granicy wzrost wysokości daje wybitne zwiększenie odsetka pierwszych wyładowań do góry, a zarazem częstość piorunów wypada coraz większa. Referat mówi o prądach długotrwałych w piorunach nawet poniżej 0,1 A, ale tylko niewielką część rejestracji przedstawia ciągłość prądu długotrwałego aż do końca pioruna. Te wypadki ciągłości zdarzają się na bardzo wysokim budynku „Cathedral of Learning" w Pittsburgh. Poza tym wyniki Mc Canna i Hardera potwierdzają szereg znanych faktów i danych liczbowych: wybitna przewaga piorunów ujemnych (80% piorunów ma wyłącznie ujemny znak, tylko 2% wyłącznie dodatni); charakter wielokrotny pioruna w 45% rejestracyj; liczba uderzeń w pierunie wielokrotnym do 31; całkowity czas pioruna przeważnie poniżej 0.1 s., wyjątkowo ok. 1 s.; całkowity ładunek pioruna do 100 C, ale tylko 30% piorunów powyżej 20 C; wartości szczytowe udarów prądu do 160 kA; średnia stromość czoła między punktami 0,1 $i_{max}$, 0,9 $i_{max}$ do 45 kA/$\mu$s; długość połówkowa wybitnych udarów prądu od 8 do 90 $\mu$s.

Wyniki pomiarów prądów piorunów w liniach elektrycznych za pomocą pręcików magnetycznych są poddane krytyce i pewnej dewaluacji przez Goldego [3]. Wyniki te są oparte przeważnie na sumowaniu wartości szczytowych występujących w kilku gałęziach równoległych. Sumowanie może dać wartość znacznie wyższą od wartości szczytowej prądu całkowitego, ponieważ wierzchołki prądów cząstkowych na ogół nie występują jednocześnie. Golde przeprowadza rozważania teoretycznie nad rozpływem prądów w liniach przesyłowych z przewodami odgromowymi. Wyniki są podane dla jednego lub dwóch przewodów odgromowych, przy różnych długościach przęsła i przy różnych opornościach uziemień słupów, w przypadkach uderzenia pioruna w słup lub w przewód odgromowy między słupami. Na podstawie tych rozważań Golde ocenia w przybliżeniu, że rekordową wartość amerykańską prądu pioruna 220 kA należy zredukować do ok. 160 kA.

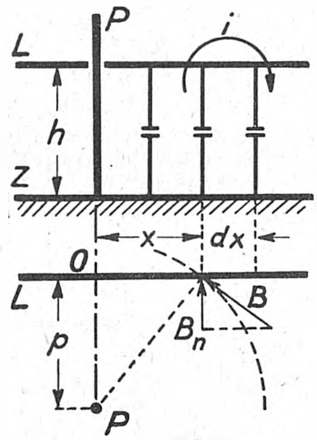
Dyskusja na MKWS przyniosła w tej dziedzinie szereg komunikatów o pracach doświadczalnych, wypowiedzi o charakterze teoretycznym oraz uwag na temat praktycznego znaczenia badań nad piorunem. Kilku mówców przypomniało, że całkowity czas pioruna wielokrotnego odgrywa poważną rolę przy samoczynnym włączaniu ponownym bardzo szybkim. Mianowicie włączenie w zbyt krótkim czasie, przed zakończeniem pioruna, może być jedną z przyczyn powtórnego wyłączenia. Z drugiej strony zbyt długi czas włączania może zepsuć pracę równoległą współpracujących elektrowni, co powoduje również powtórne wyłączenie. Hubert (Belgia) proponuje wybór takiego czasu włączania ponownego, dla którego wypadkowe prawdopodobieństwo powtórnego wyłączenia (z obu przyczyn) jest najmniejsze.

## 3. Przepięcia.

Referat podpisanego [4] przynosi nową teorię przepięć atmosferycznych indukowanych. Nowość polega na rozpatrywaniu przepięcia indukowanego jako wyniku zmian pola elektrycznego i pola magnetycznego, podczas gdy prawie cała literatura wiąże te przepięcia tylko z polem elektrycznym (z wyjątkiem jednej pracy, która mówi tylko o zmianach pola magnetycznego, pomijając znowu pole elektryczne). Referat zajmuje się kolejno dwiema składowymi przepięcia indukowanego: elektryczną i magnetyczną: ich nazwy pochodzą od obu pól indukujących. Autor przypomina rozwój prac teoretycznych nad składową elektryczną. Klasyczna teoria Wagnera jest fundamentem wszystkich dalszych badań, ale jej założenie, że zanik pola elektrycznego odbywa się nagle, nie odpowiada rzeczywistym warunkom przy piorunie. Bardziej złożone wzory matematyczne Bewleya, odpowiadające zmianom pola z ograniczoną szybkością, dają wyniki zbliżone do doświadczalnych, jeżeli wziąć w rachubę dwa etapy zmian pola elektrycznego: najpierw stosunkowo powolne wzmacnianie pola w czasie zbliżania się wyładowania wstępnego do ziemi, następnie szybkie osłabienie pola w czasie wyładowania głównego, rozwijającego się ku chmurze. Autor rozpatruje te zmiany pola elektrycznego, wyzyskując swe dawniejsze prace na

temat rozwoju pioruna i wyboru miejsca uderzenia *). Zależności matematyczne dla składowej elektrycznej przepięcia wypadają dość skomplikowane.

Referat rozwija teorię składowej magnetycznej przepięcia indukowanego w taki sposób, że istnieje równoległość do kolejnych etapów teorii składowej elektrycznej. Powtarzamy tutaj początkową część rozważań, przeprowadzoną przy założeniu momentalnej



Rys. 1

zmiany pola magnetycznego. Rys. 1 przedstawia rozpatrywane warunki w dwóch rzutach: przewód linii napowietrznej $L$ na wysokości $h$ nad ziemią $Z$, pionowy kanał pioruna $P$ w odległości $p$ od przewodu. Prąd pioruna $i_p$ wytwarza pole magnetyczne o liniach kołowych, a składowa $B_n$ indukcji magnetycznej prostopadła do przewodu $L$ wchodzi w grę dla wytwarzania przepięcia. Rozpatrujemy elementarny obwód złożony z odcinka przewodu $dx$ o indukcyjności $L.\ dx$ oraz z cząstkowych pojemności względem ziemi $C.\ dx$. W bardzo krótkotrwałym procesie pojemności te nie mogą naładować się momentalnie, są więc jak gdyby zwartymi odcinkami obwodu. Dlatego siła elektromotoryczna od zmiany $B_n$ idzie w całości na pokonanie siły elektromotorycznej samoindukcji — przy zmieniającym się prądzie $i$ w rozpatrywanym odcinku $dx$. Na tej podstawie otrzymuje się równanie różniczkowe:

$$L \frac{di}{dt} = - h \cdot \frac{dB_n}{dt} 10^{-8}$$

w amperach, gausach, henrach na centymetr i centymetrach. Całkowanie przy założeniu nagłej zmiany pola magnetycznego od 0 do $B_n$ i jednoczesnej zmiany prądu $i$ od 0 do $i_o$ daje prosty wzór:

$$i_o = - 10^{-8} \cdot \frac{h}{L} \cdot B_n .$$

Na podstawie elementarnych zależności, tyczących się fal w liniach, można rozłożyć prąd początkowy $i_o$ na dwie fale składowe: $i_1$ biegnącą w kierunku dodatnich $x$ oraz $i_2$ w kierunku ujemnych $x$, pisząc zależność:

$$i_1 = i_2 = - \frac{1}{2} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{h}{L} \cdot B_n .$$

Falom prądu towarzyszą fale napięcia

$$u_{1,2} = \mp \frac{1}{2} \cdot 10^{-8} c . h . B_n ,$$

gdzie znak — odpowiada fali $u_1$, + fali $u_2$, $c$ oznacza prędkość fal w centymetrach na sekundę, a napięcia są wyrażone w woltach. Na uwagę zasługuje niby-oscylacyjny charakter fal; fala $u_1$ lub $u_2$ indukowana na prawo od punktu środkowego $O$ ma przeciwny znak, niż fala indukowana na lewo, ponieważ składowa $B_n$ ma różne znaki z obu stron punktu $O$.

Referat daje dalej doskonalsze sformułowanie teorii dla ograniczonej szybkości zmian pola. Jeżeli $B_n$ jest funkcją f $(x, t)$ odległości $x$ oraz czasu $t$, to składowe magnetyczne fal odpowiadają zależności:

$$u_{1,2} = \mp \frac{1}{2} \cdot 10^{-8} c . h \int_0^T \left[ \frac{\partial f(x,t)}{\partial t} \right]_{x = X \mp c(T - t)} \cdot dt$$

Wzór ten, określający fale w odległości $X$ i w chwili $T$, posiada budowę podobną do wzoru Bewleya dla składowej elektrycznej. Przyjmując dalej pewną zależność matematyczną dla czoła prądu pioruna, operując przybliżonym wzorem dla pola magnetycznego i decydując się na szereg uproszczeń, autor wyprowadza dość złożone zależności dla składowych magnetycznych $u_{1,2}$.

Przykłady liczbowe wskazują, że składowe elektryczne i magnetyczne przepięć indukowanych osiągają wartości tego samego rzędu. Dodanie aperiodycznej składowej elektrycznej do niby-oscylacyjnej składowej magnetycznej może dać falę wypadkową o charakterze aperiodycznym. Przepięcia szczególnie wysokie, rzędu kilkuset kilowoltów, występują tylko przy bardzo małych odległościach między kanałem pioruna a przewodem, rzędu 1 m. Już przy odległościach około 100 m wartości są znacznie niższe. Ciekawym szczegółem, nieznanym dotychczas, jest pojawienie się przepięcia znacznie wyższego w części przewodu zbliżonej do kanału pioruna, niż na większych odległościach, nie tylko wskutek tłumienia fal, lecz również wskutek własności składowej magnetycznej. Autor wskazuje, że przepięcie indukowane może odgrywać pewną rolę w mechanizmie przeskoku wstecznego na izolatorze, w przypadku uderzenia pioruna w słup lub w przewód odgromowy.

Dwa referaty dorzucają wyniki nowych badań doświadczalnych nad wpływem ulotu na fale przepięciowe w liniach napowietrznych do długiej serii dawniejszych prac na ten temat. Lacey [5] przedstawia sprawozdanie z badań przeprowadzonych w liniach na 33 kV i 132 kV przy użyciu udarów stosunkowo krótkich, o długości do półszczytu do około 7 $\mu$ s. Wyniki potwierdzają wielką rolę ulotu w tłumieniu i odkształcaniu przepięć. Autor wyciąga wnioski, że przepięcia pochodzące z odległości powyżej 3 km prawdopodobnie nie są niebezpieczne dla normalnej izolacji stacyjnej. To samo można powiedzieć o krótkotrwałych ostrzach przepięciowych pochodzących z odległości powyżej 1 km (przy przeskokach na izolacji liniowej, które ucinają udary). Konieczna jest ostrożność w uogólnianiu tych wniosków, ponieważ badania Laceya są ograniczone do stosunkowo krótkotrwałych udarów. Odkształcanie fali przez ulot polega jak gdyby na jej rozbiciu na dwie części. Dolna część, poniżej napięcia początkowego wyładowań świetlących $u_o$, biegnie z klasyczną prędkością fal elektromagnetycznych $v$. Górna część, powyżej $u_o$, posiada prędkości zmienne $v_u$, zależne od wartości chwilowej napięcia $u$, mniejsze od $v$. Lacey stwierdza słuszność wzoru:

$$v_u = \frac{v}{1 + \frac{k}{C} \cdot \frac{u - u_o}{u}},$$

gdzie $C$ — pojemność jednostkowa przewodu w mikrofaradach na km,

$k$ — spółczynnik równy przy znaku dodatnim 9 500 ... 13 200, a przy znaku ujemnym 3 400 ... 5 700.

Giej, Zajenc i Kostienko dają w drugim referacie [6] na temat ulotu udarowego obszerny materiał doświadczalny i szereg wniosków o mechanizmie zjawisk. Według tych wyników spóźnienie zapłonu wyładowań jest niezależne od stromości czoła fali (w obszarze od 4,5 do 460 kV/$\mu$s) i wynosi $5.10^{-8}$ s dla znaku dodatniego, a dla znaku ujemnego jest mniejsze od $6.10^{-8}$ s. Ulot zmienia pojemność i spółczynnik sprzężenia między przewodami, co jest związane z ładunkiem przestrzennym dokoła przewodu. Charakterystyki pojemności i spółczynnika sprzężenia w funkcji napięcia są podobne; przy wzroście napięcia powyżej napięcia początkowego ulotu stwierdza się najpierw stromy wzrost tych dwóch wielkości, następnie skłonność do ustalenia się, wreszcie łagodny wzrost aż do warunków zbliżonych do przeskoku. Zmiany spółczynnika sprzężenia są silniejsze przy mniejszej wysokości przewodu z ulotem (indukującego) nad ziemią; wpływ położenia drugiego przewodu jest znacznie słabszy. Prędkość fal w przewodach z ulotem jest zbliżona do prędkości światła. Referat przypomina znaczenie ulotu dla ochrony odgromowej.

Jean — Richard [7] przedstawia nowe materiały doświadczalne w sprawie przepięć ziemnozwarciowych. Są to wyniki badań nad łukiem zwarciowym w sieci Forces Motrices Bernoises na 45 kV. Sieć posiada słupy drewniane, izolowany punkt zerowy, liczne trans-

*) Przegląd Elektrotechniczny, 1947, str. 304.

formatory napięciowe w układzie gwiazdowym z uziemionym punktem zerowym po stronie pierwotnej. Próby przeprowadzono nie tylko przy 45 kV, lecz również przy 16 kV. Prądy zwarcia z ziemią były w granicach od 6 do 97 A. Rejestracja napięć względem ziemi dała wartości do 1,8-krotnego napięcia roboczego międzyprzewodowego dla faz zdrowych oraz 1,2-krotnego napięcia międzyprzewodowego dla fazy zwartej z ziemią. Łuk posiadał przeważnie charakter trwały, bez skłonności do powtarzanych zapłonów i zgaszeń. Tylko w rzadkich wypadkach zanotowano bardzo szybkie gaśnięcie łuku po upływie 2 ... 3 półokresów (włączanie zwarcia drutem topikowym i natychmiastowe przerywanie prądu po stopieniu drutu).

Więcej uwagi poświęcono na ostatniej sesji MKWS przepięciom łączeniowym, związanym z przerywaniem przez wyłączniki stosunkowo niewielkich prądów indukcyjnych (bieg luzem transformatora) lub pojemnościowych. Materiały z tej doniosłej dziedziny są omówione w sprawozdaniu o wyłącznikach.*) Przy obecnych możliwościach elektrotechniki zwalcza się te przepięcia w samych wyłącznikach, na przykład za pomocą dodatkowych oporników. Staramy się zaś uniknąć przeciążenia odgromników o zmiennej oporności stosunkowo długotrwałymi prądami, które mogłyby wystąpić przy obniżaniu przepięć łączeniowych i ziemnozwarciowych. Możliwość rozszerzenia zadań odgromników poza obszar przepięć atmosferycznych pozostaje zagadnieniem otwartym na przyszłość.

## 4. Własności uziemień.

Na podstawie licznych prac doświadczalnych nad własnościami udarowymi uziemień wiadomo już, że oporność uziemienia wypada często znacznie mniejsza przy wielkim udarze prądu niż przy małym prądzie zmiennym i że zmiany oporności występują z poważnymi opóźnieniami (pętlica na oscylogramie napięcia w funkcji prądu). Przyczyną są zjawiska o charakterze wyładowań lub o podobnych własnościach, rozgrywające się w gruncie koło elektrody po przekroczeniu pewnej granicy natężeń pola.

Norinder i Petropoulos [8] przedstawiają wyniki nowszych badań doświadczalnych wykonanych w Szwecji i w Grecji oraz przeprowadzają szereg rozważań również nad dawniejszymi wynikami innych autorów (Bellaschiego i Bergera). Referat prowadzi do wniosku, że elektrody o charakterze ostrzowym (ostrza, małe kule) mogą dawać przy wielkich udarach prądu ostatecznie obniżoną oporność nie większą, niż w przypadku elektrod o znacznie większych powierzchniach (duże kule). Niestety malenie oporności przy udarze prądu wymaga długiego czasu. Referat wskazuje na przykład czas około 10 $\mu$s dla najwybitniejszej zmiany na początku udaru oraz czas około 50$\mu$s dla całkowitego obniżenia oporności.

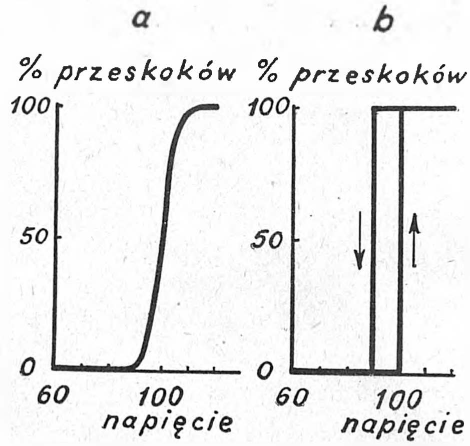
W dyskusji na MKWS stwierdzono, że wartość uziemienia w urządzeniu odgromowym zależy od oporności występującej już w pierwszych mikrosekundach. Stosowalność oszczędnościowych elektrod ostrzowych jest więc wątpliwa.

## 5. Wytrzymałość udarowa, koordynacja izolacji, odgromniki.

Omawiane tutaj materiały na temat wytrzymałości udarowej różnych elementów pochodzą z prac Konferencji w kilku działach.

Gantenbein i Rohrer [9] przedstawiają wyniki badań nad pewnym rodzajem histerezy w próbach udarowych na niektórych typach izolatorów i odgromników. Mianowicie zdarza się niekiedy przy określaniu 50%-owego napięcia przeskoku, że napięcie można podnieść aż do stosunkowo wysokiej wartości zupełnie bez przeskoków i że po zapoczątkowaniu przeskoków można obniżać napięcie aż do znacznie mniejszej wartości z powtarzającymi się przeskokami. Występuje więc pętlica histerezy, pokazana na rys. 2b, a osiągnięcie warunku 50%-owego jest niemożliwe. Technika określania napięcia 50%-owego wymaga bowiem pojedyńczej charakterystyki odsetka przeskoków w funkcji napięcia, jak na rys. 2a.

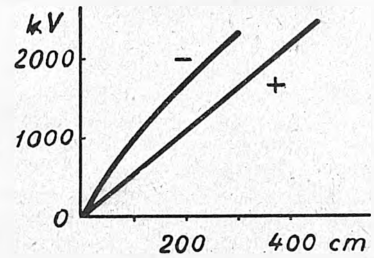
Zjawisko histerezy występuje na izolatorach z okuciami pośrednimi (na przykład izolatory wsporcze wieloczłonowe) oraz w iskiernikach wielokrotnych (na przykład iskierniki w odgromnikach o zmiennej oporności). Szerokość pętlicy (przyrost napięcia) rośnie przy zwiększaniu częstości udarów. Dla uzasadnienia hipotezy, że w grę wchodzi tutaj wpływ ładunków szczątkowych, pochodzących z wy-




Rys. 2

ładowań niezupełnych przy udarach bez przeskoku, referat podaje wyniki pomiarów tych ładunków szczątkowych, rejestracje fotograficzne wyładowań niezupełnych na powierzchni izolatorów, a dla iskierników wielokrotnych również wyniki badań nad rozkładami napięcia w różnych warunkach. Okazuje się, że udary bez przeskoków dają iskiernikom wielokrotnym takie ładunki szczątkowe, które łagodzą niejednostajność rozkładu napięcia przy następnych udarach, podnosząc w wyniku napięcie przeskoku. Zapoczątkowanie przeskoków niweczy ten wpływ ładunków szczątkowych, tak że można w dalszym ciągu uzyskiwać powtarzanie przeskoków przy znacznie niższych napięciach.

Goriew, Zalesskij i Riabow [10] podają wyniki nowych badań nad wytrzymałością udarową wielkich przerw iskrowych w układach: 1) ostrze — ostrze uziemione, 2) ostrze — płyta uziemiona, 3) przewód równoległy — płyta uziemiona. Charakterystyki na-




Rys. 3

pięć 50%-owych są podobne, jak według innych badaczy. Rys. 3 przedstawia charakterystyki 50%-owe wspólne dla układu ostrze — płyta uziemniona i dla układu przewód — płyta uziemiona. Charakterystyki napięciowo-czasowe opóźnień przeskoku przedstawiają poniżej 2 ... 3 $\mu$s wyższe napięcia niż według badań amerykańskich. Ta różnica pochodzi zdaniem autorów stąd, że w badaniach amerykańskich stosowano opornościowy dzielnik napięcia, a w badaniach radzieckich dzielnik pojemnościowy. Charakterystyki opóźnień przeskoku dla układu przewód — płyta uziemiona odpowiadają wzorowi:

$$U = 4{,}95 \cdot S \left(1 + \frac{2{,}34}{\tau}\right),$$

gdzie $U$ — napięcie w kilowoltach,
$S$ — przerwa iskrowa w centymetrach,
$\tau$ — opóźnienie w mikrosekundach.

Można również posługiwać się wzorem:

$$U = 3{,}69\,(S - 18)\left(1 + \frac{3{,}24}{\sqrt{\tau}}\right),$$

który jest słuszny w obszarze $S$ od 100 cm do 300 cm.

*) Szpor St. Dzisiejszy stan zagadnień wyłącznikowych w świetle prac MKWSE 1948 r. (Przegl. Elektr., 1948, z. 10/11, str. 348)

Również Aeschlimann [11] przedstawia charakterystyki udarowe iskierników typu ostrzowego, mianowicie iskierników nabudowywanych równolegle do izolatorów przepustowych. Iskierniki takie mają tworzyć środkowy poziom wytrzymałościowy według wskazówek szwajcarskich o koordynacji izolacji. Poza tym referat przynosi szereg charakterystyk udarowych izolacji papierowo-olejowej. Autor dochodzi do wniosku, że wielkie opóźnienia przeskoku iskiernika ostrzowego przy stromych przepięciach utrudniają skuteczną ochronę izolacji papierowo-olejowej. Odgromniki o małych opóźnieniach zapłonu, przewidziane dla dolnego poziomu koordynacji, mogą natomiast zapewnić całkowite bezpieczeństwo.

Problem wyboru dwóch lub trzech poziomów koordynacji i inne zasadnicze zagadnienia koordynacji, omawiane bardzo żywo na poprzedniej sesji MKWS w roku 1946, były tym razem prawie pominięte milczeniem. Można wskazać dwie przyczyny:

1) opracowanie wskazówek o koordynacji w kilku krajach, których przedstawiciele wyczerpali swe materiały na sesji w roku 1946;

2) przesunięcie prac międzynarodowych nad koordynacją do Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej, która powołała specjalny komitet dla opracowania wskazówek w tej dziedzinie.

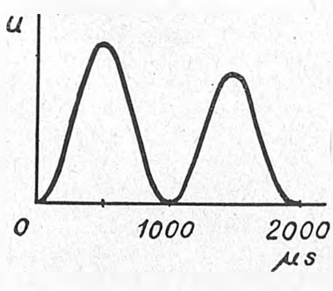
Szersze horyzonty koordynacji izolacji znajdujemy tylko w referacie Bellaschiego [12]. Referat przedstawia najnowsze tendencje amerykańskie w trzech sprawach: 1) obniżenie poziomu izolacji w sieciach z bezpośrednim uziemieniem punktu zerowego, 2) dodatkowe próby izolacji w warunkach zbliżonych do przepięć łączeniowych, 3) wybór poziomów koordynacji dla najwyższych napięć nominalnych.

W Stanach Zjednoczonych mówi się, że sieć posiada skutecznie uziemiony punkt zerowy, jeżeli przy zwarciach z ziemią napięcia robocze względem ziemi nie mogą przekroczyć 75% napięcia międzyprzewodowego. Dla takich sieci praktyka amerykańska dopuszcza odgromniki na napięcie nominalne obniżone do 80% oraz izolację z odpowiednio niższym poziomem wytrzymałości udarowej według następującej tabeli:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Napięcie nominalne sieci | kV | 115 | 138 | 161 | 196 | 230 |
| Poziom udarowy izolacji | kV | 450 | 550 | 650 | 750 | 900 |
| Napięcie nom. odgromnika | kV | 97 | 121 | 145 | 169 | 195 |
| Udarowe napięcie zapłonu odgromnika | kV | 345 | 430 | 515 | 602 | 691 |
| Spadek napięcia na odgromniku przy 10 kA | kV | 349 | 438 | 523 | 610 | 698 |
| Spadek napięcia na odgromniku przy 20 kA | kV | 377 | 470 | 564 | 658 | 755 |

Niekiedy stosuje się nawet odgromniki na napięcie jeszcze więcej obniżone, ale wymaga to dokładniejszych studiów. W sieciach na napięcia znamionowe do 69 kV stosowanie izolacji obniżonej jest mniej rozpowszechnione, ponieważ oszczędności do osiągnięcia są tutaj niezbyt wielkie.

Referat Bellaschiego mówi dalej o szczególnym zainteresowaniu elektryków amerykańskich dla przepięć łączeniowych w sieciach na najwyższe napięcia. Przepięcia łączeniowe posiadają często postać oscylacyj tłumionych, których okres wynosi od 20 do 3 000 μs. Ostatnio przeprowadza się dodatkowe badania nad wytrzymałością izolacji w warunkach odpowiadających najdłuższym przepięciom łączeniowym. Rys. 4




Rys. 4

daje przykład stosowanych oscylacji. Na podstawie tych badań można liczyć, że wytrzymałość na przepięcia łączeniowe wynosi 90 ... 95% wytrzymałości udarowej. Wpływ deszczu i rosy na napięcie przeskoku izolatorów jest tutaj podobny, jak przy udarach. Przechodząc do dłuższych czasów, rzędu 0,1 ... 1 s, należy liczyć się z wytrzymałością raczej zbliżoną do wartości otrzymywanych ze zwykłych prób o częstotliwości technicznej.

Bellaschi przedstawia wreszcie amerykańskie dane liczbowe o koordynacji w sieciach na bardzo wysokie napięcia, powyżej 230 kV. Skuteczne uziemienie punktu zerowego sieci jest tutaj regułą. Dlatego odgromniki posiadają napięcia nominalne 80%-owe lub nawet 75%-owe, a wytrzymałość udarowa izolacji jest odpowiednio obniżona. Powtarzamy te dane za Bellaschim:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Napięcie nominalne sieci | | kV | 287,5 | 345 | 402 | 460 |
| Poziom udarowy izolacji | | kV | 1050 | 1200 | 1400 | |
| Odgromnik 80%-owy | napięcie znam. | kV | 242 | 290 | 340 | 390 |
| | spadek napięcia | kV | 820 | 980 | 1150 | 1330 |
| Odgromnik 75%-owy | napięcie znam. | kV | 227 | 272 | 318 | 363 |
| | spadek napięcia | kV | 770 | 920 | 1070 | 1230 |

Przepisowe spadki napięcia na odgromnikach rozumie się przy udarach prądu tylko 5 kA, ponieważ większe prądy są mało prawdopodobne w sieciach. Udarowe napięcie zapłonu przy stromości 1000 kV/μs wynosi około 105% spadku napięcia przy 5 kA.

Oprócz tych danych liczbowych o odgromnikach amerykańskich i poprzednio omówionych badań nad histerezą w iskiernikach odgromnikowych znajdujemy zestawienie szeregu aktualnych zagadnień odgromnikowych w referacie Bergera [1]. Przepięcia łączeniowe i ziemnozwarciowe uważa się obecnie za jedną z przyczyn uszkodzeń odgromników; niebezpieczeństwo to występuje głównie w sieciach z izolowanym punktem zerowym. Poza tym Berger wspomina o innej przyczynie wybuchów odgromników zupełnie szczelnych; polega ona na zepsuciu rozkładu napięcia w iskierniku wielokrotnym wskutek zmoczenia obudowy porcelanowej; stąd może wynikać znaczne obniżenie napięcia zapłonu, a nawet zapłon pod napięciem roboczym, prowadzący do długotrwałego przeciążenia słupa o zmiennej oporności. Jest to skrajny przypadek wahań napięcia zapłonu zależnie od warunków eksploatacyjnych. Poza takimi wahaniami należy liczyć się również z tolerancjami fabrykacyjnymi, co do których przepisy podają pewne wymagania.

Referat Bergera zawiera również kilka uwag o stosowaniu odgromników. Obecnie istnieją dwie metody umieszczania odgromników w rozdzielni: 1) blisko elementu najkosztowniejszego tj. transformatora; 2) blisko odejścia każdej linii napowietrznej. Dalej Berger wysuwa problem zabezpieczenia prądnicy oddzielonej transformatorem od linii napowietrznej. Wbrew wyrażanemu często optymizmowi co do bezpieczeństwa takich prądnic uszkodzenia ich przez przepięcia atmosferyczne są notowane. Dyskusja na MKWS nie przyniosła ciekawych materiałów w tych sprawach.

### 6. Próby udarowe transformatorów.

Ażeby dać pełny obraz prac Międzynarodowej Konferencji Wielkich Sieci w dziedzinie koordynacji izolacji, wypada wspomnieć o czterech referatach omawiających próby transformatorów, jakkolwiek referaty te były dyskutowane w dziale transformatorów.

Jak wiadomo, rozpowszechnienie prób udarowych na transformatorach jest hamowane przez brak dostatecznie pewnych i prostych metod wykrywania uszkodzeń izolacji międzyzwojowej. Wellauer [14] stosuje z powodzeniem metodę oscylografowania prądu w uziemionym biegunie transformatora; kształt krzywej pozwala wyciągać wnioski o uszkodzeniach. Aeschlimann [15] wypowiada się natomiast za metodą pomiaru częstotliwości własnej transformatora; uszkodzenie izolacji międzyzwojowej zmienia dostatecznie wyraźnie częstotliwość własną.

Novak [16] przedstawia wyniki badań udarowych przeprowadzonych na transformatorach w Czechosłowacji. Do badań tych zmusiły liczne uszkodzenia transformatorów na 100 kV przez przepięcia atmosferyczne.

Wreszcie Descans i Chevalier [13] przypominają, że niebezpieczne procesy udarowe mogą występować wewnątrz transformatorów również w próbach napięciowych o częstotliwości technicznej, jeżeli krótkotrwałe wyładowania iskrowe występują wewnątrz zbiornika.

SPIS REFERATÓW KONGRESOWYCH
(ułożony według tematów)

A) Referat prezydialny o pracach Komitetu studiów nad piorunem i przepięciami

[1] K. Berger (Szwajcaria). État actuel des questions techniques dans le domaine de la foudre et des surtensions. (Ref. 327)

B) Badania nad piorunem

[2] G. D. Mc Cann, E. L. Harder (U. S. A.). Coups de foudre directs et ondes de foudre sur les lignes de transport d'énergie. (Ref. 322)

[3] R. H. Golde (W. Brytania). Les courants de foudre dans les lignes de transport. (Ref. 311)

C) Przepięcia

[4] S. Szpor (Polska). Nouvelle théorie des surtensions induites. (Ref. 308)

[5] H. M. Lacey (W. Brytania). Influence de l'effet de couronne dans l'atténuation des surtensions sur les lignes aériennes. (Ref. 404)

[6] W. W. Giej, S. L. Zajenc, M. W. Kostienko (Z. S. R. R.) Impulsnaja korona. (Ref. bez num.)

[7] Ch. Jean — Richard (Szwajcaria). Le comportement de l'arc électrique de mise à la terre du réseau à 45 kV des Forces Motrices Bernoises. (Ref. 312)

D) Własności uziemień

[8] H. Norinder (Szwecja), G. Petropoulos (Grecja). Caractéristiques des électrodes pointues et décharges directes dans les courants de décharges à terre. (Ref. 310).

E) Charakterystyki udarowe przeskoku

[9] A. Gantenbein, H. Rohrer (Szwajcaria). Sorte d'hystérésis des tensions de choc appliquées aux isolateurs et aux parafoudres. (Ref. 325)

[10] A. A. Goriew, A. M. Zalesskij, B. M. Riabow (Z. S. R. R.). Impulsnyje charaktieristiki bolszych iskrowych promieżutkow. (Ref. bez num.)

F) Wytrzymałość udarowa, koordynacja izolacji

[11] H. Aeschlimann (Szwajcaria). Recherches concernant la coordination de l'isolement dans les installations à haute tension. (Ref. 405)

[12] L. Bellaschi (U. S. A.). Coordination et protection de l'isolement des stations (rapport sur l'état actuel de la question). (Ref. 407)

G) Próby udarowe transformatorów

[13] F. Descans, H. Chevalier (Belgia). Danger de claquage par onde de choc lors de l'essai de rigidité des transformateurs. (Ref. 110)

[14] M. Wellauer (Szwajcaria). Détermination des défauts de transformateurs à l'aide d'oscillogrammes du courant relevés lors des essais sous tensions de choc. (Ref. 113)

[15] H. Aeschlimann (Szwajcaria). Recherches sur les sollicitations des enroulements de transformateurs et détermination des courts-circuits internes provoqués par les ondes de choc. (Ref. 118)

[16] B. Novak (Czechosłowacja). Quelques notions résultant des essais relatifs aux oscillations dans les enroulements des transformateurs. (Ref. 134)

INŻ. ZYGMUNT WIERZBOWSKI
Przewodniczący Komisji Koordynacyjnej północnych zjednoczeń energetycznych

# Zagadnienie normalizacji sieci 110-kilowoltowych*)

**Treść.** Sieci 110-kilowoltowe będą tworzyć jednolity polski układ energetyczny. Potrzebna jest normalizacja samych sieci oraz stacji na 110 kV, w szczególności dla północnych dzielnic państwa. Pracują nad nią dwie komisje — sieciowa i stacyjna według podanego programu. Pożądana jest opinia fachowców o propozycjach komisji.

**Вопросы стандартизации электрической системы в 110 kV.** Сети в 110 kV должны образовать единую электрическую систему в Польше. Необходима стандартизация сетей и подстанций на 110 kV, в особенности для северных районов страны. Предложения комиссии по этим вопросам представлены на обсуждение специалистов.

**The Problem of Standardizing the National 100 kV Grid.** Networks of 100 kV are to constitute a uniform power system in Poland. It is necessary to standardize the network itself, as well as the 110 kV sub-stations particularly in the northern areas of the country. This work has been entrusted to two commissions, one dealing with the network and the other with sub-stations according to a fixed program. The opinion of experts as to the recommendations put forward by the commissions is desirable.

**Le problème de la normalisation des réseaux électriques à 110 kV.** Les réseaux à 110 kV constitueront un ensemble national uniformisé en Pologne. Il est nécessaire de normaliser les réseaux eux-mêmes ainsi que les postes à 110 kV, en particulier pour les régions septentrionales du pays. Deux commissions (des réseaux et des postes) en sont chargées d'après le programme cité. L'avis des spécialistes en la matière est recherchée en ce qui concerne les propositions des commissions.

Zwiększone zapotrzebowanie mocy i energii elektrycznej, brak mocy w istniejących zakładach wytwórczych oraz terenowe przesunięcia, które powstały w nowych granicach państwa pomiędzy miejscami wytwarzania i spożycia energii, doprowadziły do konieczności poważnego zastanowienia się nad zagadnieniem budowy sieci o napięciu 110 kV.

Teren północnych zjednoczeń energetycznych, mający charakter rolniczo-przemysłowy, przy stosunkowo dużych odległościach przesyłania energii i wobec skupienia w niejednym przypadku istniejących siłowni, wymagał możliwie szybkiego opracowania projektów budowy linii dla okręgów Bydgoskiego i Gdańskiego.

W roku 1947 Zjednoczenia Energetyczne w Bydgoszczy i Gdańsku weszły w okres zakończania odbudowy głównych linii przesyłowych i rozpoczęcia realizacji nowych inwestycyj w dziedzinie linii najwyższego napięcia (110 kV). Wyniki pierwszych prac obliczeniowych oraz ich wykonywanie w terenie nasunęły potrzebę wzajemnej wymiany złych i dobrych doświadczeń i doprowadziły w konsekwencji do powzięcia decyzji wspólnego opracowania założeń, a nawet rozwiązań konstrukcyjnych poszczególnych elementów sieci. W tym samym okresie czasu Centralny Zarząd Energetyki, po opracowaniu projektu sieci przesyłowych najwyższych napięć na terenie państwa, doszedł do wniosku, że budowa ich winna opierać się na prawidłowo przemyślanych elementach technicznych i że dowolność i przypadkowość rozwiązań byłaby niewłaściwa.

Sieci o napięciu 110 kV, budowane na terenach poszczególnych zjednoczeń, tworzyć mają jednolity polski układ energetyczny, a linie, które czasowo pracować mają jako otwarte, stopniowo zamykać się muszą w pierścienie celem zrealizowania ogólnopolskiego układu sieci przesyłowych, zapewniającego międzyokręgową wymianę i rezerwę mocy.

Pod egidą zatem Centr. Zarządu Energetyki na wniosek zjednoczeń w Bydgoszczy i Gdańsku powstaje międzyzjednoczeniowa komisja techniczna, której zadanie polega na opracowaniu założeń oraz wstępnej unifikacji sieci i stacji na 110 kV dla północnych terenów państwa.

Prace Komisji zostały rozpoczęte wiosną 1948 r. Obecnie obejmują one swym zasięgiem Zjednoczenia: Szczecińskie, Nadmorskie (Gdańsk), Mazurskie (Olsztyn), Białostockie, Poznańskie, Bydgosko-Toruńskie oraz Płocko-Włocławskie.

Wstępne dyskusje w gronie dyrektorów technicznych oraz inżynierów-specjalistów początkowo ograniczonej liczby zjednoczeń wraz z delegatami C. Z. E. ustaliły, że praca powinna być podzielona pomiędzy kilka fachowych podkomisji, z których dwie mają zająć się opracowaniem wyżej wymienionych zagadnień sieci 110-kilowoltowych, pozostałe zaś innymi zagadnieniami technicznymi, pośrednio związanymi również z tym tematem.

Jako czynnik kontrolujący i koordynujący prace powstała Komisja Koordynacyjna, do której zostali powołani przewodniczący wszystkich podkomisji technicznych.

Potrzeba opracowania wstępnej unifikacji sieci 110-kilowoltowych nie wymaga szczegółowych komentarzy; należy jedynie zwrócić uwagę, że celem jej jest uzyskanie jak najekonomiczniejszego i technicznie najracjonalniejszego rozwiązania elementów stacji i sieci dla warunków terenowych, które istnieją na większości obszarów Państwa Polskiego.

Sprecyzowanie tych założeń i opracowanie konkretnych rysunków pozwoli na odciążenie szeregu biur projektów, a przez masowość ich wykonania obniży koszta budowy.

*) Artykuł dyskusyjny.

Obrano system pracy, polegający na przepracowaniu problemów technicznych w gronie fachowców energetyków zainteresowanych przeważnie bezpośrednio przez późniejszą eksploatację sieci, przy czym postanowiono powołać podkomisje — liniową i stacyjną.

Cała gama zagadnień, które musiały być rozwiązane w początkowym stadium pracy, a polegały na wyborze przekroju materiału przewodowego, materiału słupowego, systemu ustojów, układu stacji, pierwotnych schematów elektrycznych, i wiele innych spraw już przedyskutowano i przyjęto.

Komisje sięgają już znacznie głębiej do spraw technicznych, realizując stopniowo program swoich prac. Zagadnienia, które trzeba rozstrzygać, oraz konkretne rozwiązania, które trzeba tworzyć, interesują znacznie szerszy krąg inżynierów od tego, który może brać udział w ich rozwiązywaniu.

Wydaje się zatem rzeczą celową, aby poglądy komisji technicznych i ich projekty mogły przez fachowy organ S. E. P. trafić do tych wszystkich, którym sprawa budowy sieci na 110 kV nie jest obca. Powinno dojść do wiadomości ogółu, że wykorzystując własne i obce doświadczenie normalizujemy elementy państwowej sieci przesyłowej i że uwagi każdego, kto by chciał zająć się bliżej tym zagadnieniem, byłyby z należytą uwagą i uznaniem przyjęte. W tym też celu stopniowo, w miarę narastania przepracowanego materiału, mógłby on być podawany za pośrednictwem Przeglądu Elektrotechnicznego do ogólnej wiadomości w formie fachowych artykułów technicznych.

Przechodząc do bliższego sprecyzowania zadań komisji technicznych, podamy tu program prac, które mają być zakończone w ciągu roku 1949.

Podkomisja liniowa — przewodniczący inż. Edward Domański, Zjedn. Energetyczne Okr. Nadmorskiego, Gdańsk.

1. Ustalenie wytycznych do obliczania poszczególnych elementów sieci:

a) dopuszczalne naprężenie przewodu, siły występujące w poszczególnych rodzajach słupów;

b) wysokości słupów, odległości pomiędzy przewodami;

c) siły działające na poprzeczniki, armaturę, izolatory i szczudła.

2. Obliczanie typów słupów:

a) przelotowego,

b) odporowego,

c) odporowo-narożnego,

d) krańcowego,

e) obostrzeniowego.

3. Rozwiązanie konstrukcyjne poprzeczników oraz połączenie ich ze słupami bez kaleczenia drzewa dla podanych wyżej typów słupów.

4. Rozwiązanie konstrukcyjne ustoju słupów (szczudła żelbetowe) oraz połączenie ich z dolną częścią słupa bez kaleczenia drągów. Projekt wraz z obliczeniami zostanie dostosowany:

a) do łatwości transportu i montażu,

b) do możliwości wymiany drągów w czasie pracy linii,

c) do rodzaju poprzednio obliczonych słupów,

d) do różnych rodzajów gruntów.

Założenia podadzą elektrycy, obliczenia żelbetów wykonają statycy-żelbetnicy.

5. Opracowanie sposobu zawieszenia przewodu (sprzętu):

a) uszka wieszakowe,

b) zaciski przelotowe, odciągowe i półodciągowe.

6. Opracowanie systemu zabezpieczenia linii od przepięć atmosferycznych:

a) linka odgromowa wzdłuż linii,

b) linka odgromowa na wejściu do stacji,

c) słabe punkty linii, rożki ochronne,

d) koordynacja izolacji (w porozumieniu z Komisją Stacyjną).

7. Opracowanie wskazówek montażowych i organizacja robót:

a) harmonogramy,

b) wykazy materiałów,

c) czasy jednostkowe na poszczególne roboty,

d) techniczne wskazówki montażowe.

Podkomisja stacyjna — przewodniczący inż. Wł. Hellmann, Zjednoczenie Energ. Okr. Bydgosko-Toruńskiego.

1. Podstawy wyboru typu i układu rozdzielni na 110 kV i ustalenie zasadniczych schematów pierwotnych:

a) wybór terenu i usytuowanie,

b) wybór typu stacji i układ elektryczny,

c) ustalenie schematów pierwotnych typowych pól stacyjnych.

2. Zasadnicze elementy konstrukcyjne stacji:

a) schemat montażowy, rozmieszczenie aparatury,

b) elementy konstrukcyjne, fundamenty,

c) przewody, izolatory, sprzęt liniowy,

d) rozwiązanie uziemienia ochronnego i roboczego,

e) kanały kablowe i sprężonego powietrza.

3. ustalenie wytycznych wyboru typu i danych znamionowych aparatów i transformatorów:

a) transformatory mocy,

b) wyłączniki i odłączniki,

c) transformatorki pomiarowe.

4. Ustalenie danych znamionowych schematów ideowych urządzeń własnych potrzeb:

a) izolacja sprężonego powietrza,

b) akumulatornia,

c) rozdzielnia potrzeb własnych.

5. Nastawnie z uwzględnieniem systemu sterowania, blokowania, sygnalizacji i pomiarów.

Naszkicowany tu program nie rości sobie pretensji do całkowitego wyczerpania tematu, obejmuje jednak najistotniejsze i najważniejsze zadanie, które musi być jak najśpieszniej rozwiązane. Stopniowo tematyka prac ma być pogłębiana i rozszerzana celem uzupełnienia materiałów potrzebnych do późniejszego znormalizowania realizowanego przez naszą energetykę układu sieci państwowej.

INŻ. WŁODZIMIERZ HELLMANN

# Zagadnienie normalizacji budowy stacji rozdzielczych sieci państwowej na 110 kV*)

Treść. Potrzeba normalizacji i jej korzyści. Racjonalizacja projektowania i budowy stacji rozdzielczych powinna objąć wybór typu i układu stacji, ustalenie schematów pierwotnych, zasadnicze elementy konstrukcyjne stacji, wytyczne wyboru typu i danych znamionowanych dla aparatów i transformatorów.

**Стандартизация подстанций электрической системы в 110 kV.** Необходимость и польза стандартизации. Программа рационализации проектирования и постройки подстанций должна обхватывать выбор типа и расположения подстанций, основную схему, основные конструкционные элементы, указания относительно выбора типа и основных данных для аппаратуры и трансформаторов.

**The Problem of Standardizing the Construction of Sub-stations for the National 110 kV Grid.** The necessity for standardization and its advantages, Rationalisation of design and construction of sub-stations should provide for the selection of type and arrangement of the sub-station, determination of general diagrams, basic constructional elements of the sub-station, guiding principles in the selection of types and characteristics for switchgear, protective gear and transformers.

**Le problème de la normalisation de la construction des postes de répartition du réseau national à 110 kV.** Nécessité d'une normalisation et ses avantages. La rationalisation de l'établissement des projets et de la construction des postes de répartition devra contenir le choix du type et de la disposition du poste, la détermination des schémas généraux, les éléments de construction fondamentaux du poste, les principes du choix du type et des caractéristiques de l'appareillage et des transformateurs.

## 1. Wstęp.

Realizowana obecnie koncepcja oparcia elektryfikacji Polski na taniej energii elektrycznej wytwarzanej z odpadkowych miałów węglowych w miejscu ich otrzymywania, zapoczątkowana przez uruchomienie pierwszego odcinka wielkiej magistrali energetycznej na 220 kV Śląsk—Łódź, wysuwa na jedno z czołowych miejsc w planie inwestycyjnym sprawę budowy sieci międzyokręgowych

*) Artykuł dyskusyjny.

o wyraźnym charakterze jednolitego układu energetycznego dla całego państwa. Słuszności i konieczności realizacji tego układu dla nowego modelu gospodarczego państwa nie potrzeba dziś uzasadniać.

Racjonalna budowa linii elektrycznych bardzo wysokich napięć po opracowaniu projektu należytego pod względem technicznym i gospodarczym jest z uwagi na powtarzalność elementów linii zagadnieniem materiałowym i organizacyjnym, które kończy się z chwilą uruchomienia linii. Natomiast budowa stacji rozdzielczych na 110 kV, tworzących punkty węzłowe tej sieci jako jej ośrodki dyspozycyjne, decyduje o jej należytym wykorzystaniu, jest zagadnieniem znacznie bardziej skomplikowanym zarówno z punktu widzenia technicznego jak i ekonomicznego. Stacja rozdzielcza na 110 kV w naszych warunkach nie prędko stanie się obiektem zakończonym nawet po jej uruchomieniu. Na jej rozmiar i kształt mają wpływ dalsza rozbudowa sieci, powiększenie mocy przenoszonych, konieczność kompensacji przesyłu, instalowania urządzeń polepszających pewność ruchu i wiele innych czynników.

Jak wynika z ogłoszonego *) projektu ogólnopolskiej sieci krajowej na 110 kV, już obecnie oraz w 6-letnim planie inwestycyjnym liczyć się trzeba z przystąpieniem do budowy około 30 stacji rozdzielczych na 110 kV. Orientacyjny koszt obiektu o mocy zainstalowanej w transformatorach obniżających (110/30 kV) np. 2 × 10 000 kVA w wykonaniu napowietrznym wynosi według cen 1939 roku około 1 do 2 mln. zł.

Należyta technicznie i gospodarczo budowa stacji rozdzielczych o napięciu 110 kV to nie tylko zagadnienie pewności ruchu sieci międzyokręgowej na 110 kV i związanych z nią okręgów; jest to również zagadnienie planowego i racjonalnego zainwestowania około 6—12 miliardów zł w tak podstawowe obiekty.

Zasadniczo problem napięcia przesyłowego 110 kV wyszedł już dawno z okresu prób i doświadczeń i nie nastręcza dla techniki specjalnych trudności. Nie mniej problemy łączące się z projektowaniem sieci 110-kilowoltowej i jej punktów węzłowych wymagają rozwiązania szeregu zagadnień, wypływających z ogólnego charakteru układu energetycznego, i nie powinny być przedmiotem indywidualnych poczynań na terenie poszczególnych zjednoczeń.

Zadanie punktu węzłowego, jakim jest stacja rozdzielcza na 110 kV, jest decydujące dla właściwego wyzyskania urządzeń przesyłowych i sprowadza się:

1. do należytego rozdziału znacznych ilości energii na poszczególne linie 110-kilowoltowe;
2. do regulacji napięć i rozpływu mocy biernej;
3. do ochrony przed skutkami zwarć i uziemień oraz lokalizowania miejsca i rodzaju zakłóceń celem szybkiego przywrócenia stanu normalnego;
4. do pomiaru prądów, napięć, mocy i energii;
5. do przekazywanie wyników pomiarów i stanu ruchowego do punktów rozrządczych przy pomocy odpowiednich urządzeń telekomunikacyjnych.

Z uwagi na przewidywane połączenia wszystkich linii międzyokręgowych w jednolity układ energetyczny pracujący według zcentralizowanych dyspozycji wymagania techniczne co do pewności ruchu i doskonałości urządzeń powinny być dla wszystkich rozdzielni 110-kilowoltowych, bez względu na ich wielkość, jednakowe, gdyż wszelkie zakłócenia w jednej stacji będą pośrednio wpływały na pracę całego układu sieciowego.

Wyżej wyszczególnione względy uwydatniają w całej pełni konieczność dążenia do normalizacji technicznej w dziedzinie budowy stacji rozdzielczych na 110 kV. Normalizacja, a właściwie racjonalizacja w dziedzinie projektowania tak złożonych obiektów powinna się sprowadzić ogólnie:

1. do ustalenia jednolitych kryteriów i podstaw technicznych i gospodarczych koniecznych dla projektowania;
2. do ustalenia jednolitych wymagań i warunków technicznych dla budowanych obiektów;
3. do ustalenia jednolitego „znormalizowanego" typu stacji rozdzielczej, dającego maksymum technicznych i gospodarczych korzyści;
4. do znormalizowania elementów składowych rozdzielni i opracowania jednolitego sposobu ich projektowania i wykonania;
5. do ustalenia jednolitych i uzasadnionych technicznych i gospodarczych wymagań dla przemysłu maszyn i aparatów elektrycznych w sprawie typów, wykonania i szczegółów technicznych aparatów i transformatorów, stanowiących wyposażenie stacji rozdzielczej.

Korzyści wynikające z normalizacji stacji rozdzielczych nie potrzebują uzasadnienia. Znane jest dziś dążenie zagranicą do normalizowania nawet tak złożonych obiektów, jak całe elektrownie.

W naszych warunkach obecnych, gdzie na pierwszy plan wysuwa się konieczność koncentracji sił i planowe ich wyzyskanie, korzyści te są tym bardziej widoczne i dadzą się ująć w następujący sposób:

1. Nastawienie przemysłu krajowego na produkcję kluczowych elementów i aparatów stacji rozdzielczych o napięciu 110 kV według jednolitych wymagań technicznych, a nawet według jednakowych znormalizowanych typów, pozwoli na wzmożenie tempa produkcji i podniesienie stopnia jakości do poziomu gospodarczo uzasadnionego.
2. Centralne opracowanie typowych znormalizowanych stacji i określenie rozmiaru ich rozbudowy w poszczególnych etapach pozwoli na najbardziej ekonomiczne i celowe wykorzystanie kredytów inwestycyjnych bez konieczności uciekania się do pozornie tanich rozwiązań prowizorycznych, które z reguły mają dość długi okres „życia" nie gwarantując należytej pewności ruchu.
3. Opracowanie centralne zarówno ogólnych wytycznych, jak i zasad projektowania zaoszczędzi pracę wielu lokalnych biur technicznych, nie posiadających nieraz wyspecjalizowanych fachowców.
4. Osiągnięcie jednolitości technicznej sieci 110-kilowoltowej podniesie pewność ruchu wszystkich powiązanych ze sobą urządzeń, pozwoli na zracjonalizowanie części i elementów zapasowych.
5. Realizacja budowy stacji rozdzielczej na podstawie tak pomyślanego opracowania sprowadza się do montażu znormalizowanych elementów.

Program prac racjonalizacji projektowania i budowy stacji rozdzielczych o napięciu 110 kV powinien objąć szereg tematów, które omówimy kolejno.

## 2. Podstawy wyboru typu i układu stacji rozdzielczej na 110 kV i ustalenie schematów pierwotnych.

*Wytyczne wyboru terenu i usytuowania stacji rozdzielczych.* Ostateczne ustalenie w terenie miejsca odpowiedniego na budowę wymaga przeanalizowania lokalnych warunków w pobliżu punktów węzłowych wytkniętych przez ogólny projekt sieci 110-kilowoltowej. Analiza powinna uwzględniać stronę gospodarczo-energetyczną oraz topograficzną, a więc dojazdy, wielkość placu, warunki geologiczne, trasowanie linii itp.

*Wytyczne wyboru układu elektrycznego stacji rozdzielczych.* Na ich wybór mają wpływ: zadania energetyczne stacji, pewność ruchu, ekonomia kosztów utrzymania i obsługi, bezpieczeństwo obsługi oraz minimum kosztów zakładowych. Przedmiotem prac będzie układ węzłowy, gdy energia sieci 110-kilowoltowej jest rozdzielana na kilka (3 do 4) linii tego napięcia.

Zakłada się, że stacje objęte racjonalizacją stanowią źródło zasilania dla okręgu, w którego obrębie się znajdują, lub w niektórym wypadku stanowią miejsce poboru energii z zakładów wytwórczych bezpośrednio, bądź poprzez sieć niższego napięcia.

*Wytyczne wyboru typu stacji rozdzielczej pod względem konstrukcyjnym z uwzględnieniem kwestii koordynacji izolacji, kompensacji i uziemienia punktu zerowego.* Opracowaniem objęty zostanie typ napowietrzny z uwagi na niższy koszt w porównaniu z typem stacji budynkowej (o około 20%). Zaletą tego typu jest możliwość stopniowej rozbudowy przy stopniowych nakładach inwestycyjnych.

Określenie jednolitego typu stacji napowietrznej obejmie wybór typu konstrukcji wsporczej, rozplanowanie stacji, wybór typu fundamentów pod aparaty

*) P. J. Nowacki. Koncepcja krajowej sieci najwyższych napięć (PE, 1948, z. 4/5, str. 86-91).

i transformatory, wybór typu uziemienia. Opracowane zostaną zasady koordynacji izolacji stacji w stosunku do sieci 110 kV, ochrony przeciwprzepięciowej stacji.

Uwzględnione również będą sprawy regulacji rozpływu mocy czynnej i biernej, zasady kompensacji przesyłu.

Poruszone być również muszą zagadnienia konstrukcji stacji, wynikające z przyjętego systemu pracy z uziemionym bezpośrednio punktem zerowym.

Ustalenie zasadniczych elementów schematu pierwotnego stacji rozdzielczej. Każdy nawet skomplikowany schemat stacji można rozłożyć na szereg podstawowych elementów, do których zaliczymy np. pole linii przychodzącej, pola transformatora i łącznika szyn, pole pomiarowe. Ustalenie jednolitej postaci schematu pierwotnego pozwoli uniknąć każdorazowego poszukiwania przez projektującego rozwiązania najkorzystniejszego, przyśpieszy opracowanie projektu wstępnego wraz z wykazem ilościowym podstawowych aparatów.

Jednolitość schematów pozwoli również na zastosowanie jednolitej sygnalizacji, blokowania itp.

Opracowaniem powinny być objęte stacje najczęściej powtarzające się w układzie energetycznym, tj. takie, których liczba pól liniowych nie przekracza trzech.

Oczywiście i dla stacji bardziej skomplikowanych opracowanie takie może znaleźć zastosowanie, ale w zasadzie projektowanie takich stacji wymaga dodatkowej analizy.

**3. Zasadnicze elementy konstrukcyjne stacji rozdzielczej na 110 kV.**

Schemat montażowy całej stacji rozdzielczej z uwzględnieniem rozmieszczenia aparatury i transportu montażowego. Z uwagi na różnorodność obecnie spotykanej aparatury roozdzielczej na 110 kV, której na terenie Polski posiadamy kilka typów, wobec niewiadomych jeszcze ostatecznych wymiarów gabarytowych aparatury produkcji krajowej, w wyborze konkretnych rozwiązań konstrukcyjnych stacji musimy zdecydować się na konstrukcje dające możliwość uniwersalnego zastosowania różnego typu aparatury rozdzielczej, która może być zainstalowana na stacji. Powyższe założenie nasuwające zastrzeżenia co do podrożenia stacji posiada szereg poważnych zalet, jak np.:

a) umożliwienie projektowania stacji bez znajomości typu aparatury, która będzie zastosowana;

b) umożliwienie późniejszej rozbudowy stacji bez utracenia jednolitości wyglądu i wymiarów w wypadku zastosowania innego typu aparatów.

Należy opracować i ustalić wzajemne odległości między fazami, między szynami zbiorczymi, odejściami liniowymi itp.

Ustalenie elementów konstrukcji wsporczej, jej materiału, sposobu łączenia, uziemienia, a nawet szczegóły co do montażu konstrukcji powinny być przedmiotem opracowania. Rozmieszczenie aparatów, wysokość i bezpieczna wzajemna odległość ich ustawienia, podanie podstawowych wymiarów gabarytowych, określenie sposobu i zasad transportu montażowego w obrębie stacji bez naruszenia jej zdolności ruchowej są to zagadnienia, wymagające pomimo ich prostoty wnikliwego przemyślenia i poważnego zasobu doświadczenia.

Właściwy pod względem konstrukcyjnym i ruchowym typ i rodzaj fundamentów oraz sposób obliczenia ich konstrukcji powinny zamknąć ten dział.

Przewody, izolatory, sposób zawieszenia i sprzęt liniowy. Dopasowanie przekroju i materiału przewodów stacji rozdzielczych do całości układu sieci 110-kilowoltowych z uwzględnieniem jego dalekiej rozbudowy jest sprawą zasadniczą, gdyż późniejsze przeróbki i przebudowy w miarę powiększania mocy przesyłowej lub mocy zwarcia nastręczyć mogą ogromne trudności. Zagadnienie wyboru typu izolatorów wiąże się bezpośrednio z zagadnieniem koordynacji izolacji i zapewnieniem wymaganej pewności ruchu stacji. Sprzęt stacyjny i sposób łączenia przewodów, chociaż w zasadzie podobny do tego, co się stosuje w technice budowy linii, wymaga specjalnego opracowania z uwagi na małe rozpiętości i odległości międzyprzewodowe. Dochodzą specjalne wymagania, które nastręcza sprawa przyłączania wyłączników, odłączników i transformatorów.

Z uwagi na małe rozpiętości i niskie dopuszczone naprężenia przewodów ciężar łańcuchów izolatorowych przy obliczaniu zwisów na stacji rozdzielczej odgrywa dużą rolę. Obliczenie więc i opracowanie tabel montażowych naciągu przewodów stacji odda niemałe usługi i pozwoli na uniknięcie przykrych niespodzianek przy montażu.

Z dalszych zagadnień wymagających szczegółowych i jednolitych opracowań wymienić należy: konstrukcyjne rozwiązanie uziemienia ochronnego i roboczego oraz rozplanowanie i konstrukcja kanałów dla przewodów energetycznych, kabli sterowniczych, pomiarowych i sygnalizacyjnych oraz przewodów sprężonego powietrza.

**4. Ustalenie wytycznych wyboru typu i danych znamionowych aparatów i transformatorów.**

Tylko dokładna znajomość warunków pracy i zadań całego układu energetycznego na 110 kV, powiązanego z źródłami wytwarzania, z siecią o napięciu 220 kV oraz z zasilanymi zeń okręgami pozwoli na określenie wytycznych wyboru i wymagań, które energetyka powinna stawiać wytwarzaniu sprzętu elektrycznego, a w szczególności: transformatorów, wyłączników i odłączników, transformatorów mierniczych (przekładników) itp.

Ujednolicenie wymagań, opracowanie wzorowych warunków technicznych opartych na doświadczeniu ruchowym własnym i zagranicznym ułatwi rozwiązanie wielu problemów, które stoją przed przemysłem krajowym rozpoczynającym produkcję wymienionego sprzętu, a ponadto uwolni przemysł od niewdzięcznego zadania uzgadniania sprzecznych często żądań i życzeń ze strony poszczególnych inwestorów, nie posiadających niekiedy należytej perspektywy technicznej całości układu przy indywidualnym opracowywaniu poszczególnych obiektów.

**5. Ustalenie danych znamionowych i schematów ideowych dla urządzeń własnych potrzeb stacji rozdzielczej.**

Należyta pewność ruchu stacji i nienaganna praca niezwykle kosztownych urządzeń rozdzielczych wymagają właściwego opracowania bardzo ważnych elementów pomocniczych, jakimi są: instalacja sprężonego powietrza, akumulatornia oraz transformatory i rozdzielnia własnych potrzeb.

Opracowanie ogólnych wytycznych wyboru właściwych instalacji, ustalenie ich danych znamionowych oraz schematów ideowych, dopasowanych należycie do zadań i rozmiarów stacji, powinno być również przedmiotem prac racjonalizatorskich.

Podanie szczegółowych rozwiązań konstrukcyjnych z uwagi na pospolitość takich urządzeń nie jest wymagane, tym bardziej że są one w dużym stopniu zależne od typu stosowanych urządzeń oraz miejsca ich zainstalowania, np. w pobliskiej rozdzielni budynkowej niższego napięcia, bądź w specjalnym budynku.

**6. Nastawnia z uwzględnieniem systemu sterowania, blokowania, sygnalizacji, pomiarów i zabezpieczeń.**

Opracowaniem jednolitym powinny być tu objęte wybór systemu (z wyjątkiem zabezpieczenia) oraz wytyczne montażowe.

Rozmiar i zadania nastawni są zależne w dużym stopniu od energetycznej roli danej stacji rozdzielczej w ogólnym układzie sieciowym na 110 kV i one decydują o miejscu i sposobie jej usytuowania w stosunku do stacji.

Z uwagi na zasadnicze znaczenie nastawni dla prawidłowego funkcjonowania stacji rozdzielczej opracowane powinny być ogólnie:

a) zasady wyboru systemu sterowania, blokowania, sygnalizacji i pomiarów,

b) schematy ideowe dla podstawowych układów pól,

c) wytyczne montażowe tych urządzeń.

**7. Forma opracowania.**

Opracowanie tak szerokiego, a zarazem specjalnego tematu nie może mieć formy podręcznika lub zbioru instrukcji. Najwłaściwszą formą opracowania wydaje się forma norm technicznych, chociaż prace te nie mogą mieć charakteru obowiązujących norm PKN.

Jednym z podstawowych warunków, które powinno spełniać opracowanie jednolitego projektowania stacji rozdzielczych o napięciu 110 kV, jest niezamykanie drogi do postępu technicznego w dziedzinie budowy tych urządzeń i ten warunek powinien być spełniony.

Największym niebezpieczeństwem, z którym należy się liczyć, jest możliwość powtarzania w realizacji błędów zawartych ewentualnie w jednolitym opracowaniu. Niebezpieczeństwo to wydaje się jednak wielokrotnie mniejsze w wypadku zespołowego opracowania jednolitego projektu, przy ścieraniu się poglądów i fachowej dyskusji, niż przy indywidualnych projektach, wykonywanych pośpiesznie, bez dostatecznej analizy obiektu, a często przy niedostatecznej fachowości personelu projektującego.

Oddanie do użytku inwestorów zbioru ogólnych zasad i wytycznych, popartych konkretnymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi w formie atlasów, rysunków, tabel, obliczeń i wykresów, powinno przyczynić się w dużym stopniu do postawienia realizacji tego ważnego zagadnienia na należytym technicznie i gospodarczo poziomie.

DR INŻ. ALEKSANDER JANKOWSKI

# Wybór systemu połączenia punktu zerowego z ziemią w sieci państwowej 110-kilowoltowej*)

T r e ś ć. Kryteria techniczne, stanowiące podstawę do dokonania wyboru systemu uziemienia: ochrona od przepięć i izolacja, zwarcia z ziemią, pewność i ciągłość ruchu, stateczność pracy równoległej, wpływ na linie telekomunikacyjne, przyszły rozwój sieci i możliwość połączenia z innymi sieciami. Rozważenie tych kryteriów doprowadza do wniosku, że najwłaściwszym rozwiązaniem byłby system bezpośredniego uziemienia punktu zerowego z zastosowaniem bardzo szybkiego włączania ponownego

**Выбор способа соединения с землей нулевой точки системы в 110 kV.** Технические факторы, принятые во внимание при выборе способа заземления: защита от перенапряжений и изоляция, замыкание на землю, надежность и непрерывность работы, устойчивость параллельной работы, влияние на линии связи, будущее развитие сетей и возможность соединения новых сетей с существующими. Рассмотрение перечисленных факторов приводит к заключению, что наиболее правильным решением было бы непосредственное соединение нулевой точки с землей при одновременном применении автоматического повторного включения.

**Selection of a Method of Neutral Earthing for the National 110 kV Grid.** Technical criterions, as the basis for carrying out the earthing system: overvoltage protection and insulation, earth connection, reliability and constancy of operation, stability of parallel operation, influence on telecommunication lines, future development of the system and provision for subsequent inter-connection with other systems. The review of these criterions leads to the suggestion that the system of direct earthing of the neutral point and employing high speed reclosing would provide the most effective solution.

**Choix du système de connexion du point neutre à la terre dans le réseau national à 110 kV.** Critériums tehniques constituant la base du choix de l'exécution du système de mise à la terre. Protection contre les surtensions et isolements, courts circuits à la terre, sureté et continuité de l'exploitation, stabilité du fonctionnement en parallèle, influences sur les lignes de télécommunication, développement futur du réseau et possibilités de connexion aux autres réseaux. Ces critériums amènent à conclure que la meilleure solution serait un système de mise à la terre direct du point neutre, avec application d'un réenclenchement très rapide.

## 1. Wstęp.

Projektowana polska sieć państwowa na 110 kV będzie prawdopodobnie jedną z najgęstszych sieci o napięciu tego rzędu. Realizacja tego olbrzymiego zadania w krótkim stosunkowo czasie, prawie od podstaw, eliminuje konieczność dostosowania się do istniejących na tym napięciu urządzeń. Okoliczność ta daje swobodę w wyborze podstawowych założeń technicznych i pozwala w ramach możliwości produkcji krajowej i zagranicznych dostaw na przyjęcie rozwiązań najbardziej dla naszych warunków celowych, najbardziej nowoczesnych, dających największą pewność działania układu sieciowego i najbardziej ekonomicznych.

Pożądane jest, aby sieć 110-kilowoltowa stanowiła jednolity układ zasilania bez podziału na odrębne obszary, gdyż jest to rozwiązanie najkorzystniejsze pod względem jednolitości przepisów ruchu i centralnego sterowania. Metaliczne połączenie wszystkich odcinków sieci pozwala poza tym na wyeliminowanie spadków napięcia, które powstałyby w wypadku sprzężenia magnetycznego, przez co uzyskuje się większe możliwości racjonalnego rozrządu centralnego zarówno w wypadku zakłóceń trwałych, jak i okresowego wyłączenia odcinków sieci dla renowacji. Gdyby w jakimś rejonie sieci występowało duże zagęszczenie przyłączonych siłowni wielkiej mocy, co jest prawdopodobne tylko w obrębie tzw. pierścienia śląskiego, sieć mogłaby być w tym rejonie przecięta. Przecięcie to jednak miałoby jedynie na celu ograniczenie prądów zwarcia i nie oznaczałoby rozdziału sieci na odrębne obszary; połączenie istniałoby przez resztę sieci. Metaliczne połączenie sieci wymaga przyjęcia dla całej jej rozciągłości jednego systemu połączenia punktu zerowego z ziemią. Przyjęcie różnych systemów spowodowałoby konieczność podziału sieci na obszary od siebie izolowane lub magnetycznie sprzężone.

Za podstawę niniejszych rozważań przyjęto orientacyjny projekt sieci 110-kilowoltowej podany przez dr inż. P. J. Nowackiego w Przeglądzie Elektrotechnicznym z dn. 21. V. 1948 r. jako ostateczne stadium rozbudowy sieci.

Przyjęcie sposobu połączenia punktu zerowego z ziemią warunkuje rozpatrzenie szeregu zagadnień związanych z funkcjonowaniem całości sieci. Celem jest uzyskanie systemu zasilania, który by dawał najmniejszą liczbę przerw ruchu i wygodę obsługi przy minimalnych kosztach inwestycyjnych. Kalkulacja opłacalności gospodarczej musiałaby brać pod uwagę zarówno nakłady kapitałowe, uwzględniające samą sieć wraz z jej punktami węzłowymi, jak również wpływ sieci na inne urządzenia, na przykład na linie telekomunikacyjne; ponadto należałoby uwzględnić straty spowodowane przerwami ruchu (na podstawie statystyk przerw dla sieci istniejących). Minimum kosztów rocznych przy określonych odpisach amortyzacyjnych mogłoby dopiero określić, które rozwiązanie byłoby gospodarczo najracjonalniejsze. Przeprowadzenie tego rodzaju kalkulacji w obecnych warunkach, przy nieustabilizowanych cenach zarówno na rynku wewnętrznym jak i zagranicznym, nie wydaje się możliwe, to też w dalszych rozważaniach ograniczono się do k r y t e r i ó w t e c h n i c z n y c h, stanowiących podstawowe elementy decyzji przy wyborze systemu.

*) Artykuł dyskusyjny.

## 2. Ochrona od przepięć i izolacja.

Jak wiadomo, przepięcia występujące w sieciach wysokiego napięcia można podzielić na przepięcia pochodzenia wewnętrznego i na przepięcia pochodzenia atmosferycznego. Pierwsze są spowodowane operacjami łączeniowymi, zjawiskiem rezonansu (które jest bardzo rzadkie i dotyczy głównie 5-ej i 7-mej harmonicznej przy zainstalowaniu kondensatorów statycznych) oraz uziemieniem jednej fazy. Przy izolowanym punkcie zerowym uziemienie fazy, gdy następuje w chwili przechodzenia napięcia względem ziemi przez maksymum, może sprowadzić wartość 2,5 $U_m$, jeżeli nie uwzględniać tłumienia. Przepięcie to nie jest groźne, gdyż izolacja jest liczona na napięcie międzyprzewodowe. Przy uziemieniu przez łuk prąd łuku wyprzedza napięcie prawie o 90°. W chwili gaśnięcia łuku, gdy prąd ma wartość równą zeru, napięcie ma wartość największą. Ładunki pojemnościowe dwóch pozostałych faz sumując się z napięciem roboczym doprowadzają napięcie przewodu uszkodzonego do 2 $U_m$. W tej chwili w przestrzeni jeszcze zjonizowanej łatwo może powstać ponowny zapłon łuku, sprowadzając napięcie fazy uszkodzonej do zera; zjawisko się powtarza powodując nowe przepięcia, ale napięciem wyjściowym jest 2 $U_m$. W rezultacie powstaje szereg fal przepięciowych, których szczyt za-

leży od charakteru łuku i linii. Badania tego zjawiska wykazały, że przepięcia osiągają wartość 3,5 $U_m$ [16], a czas ich trwania dochodzi do kilku sekund [12]. Izolacja linii wytrzymuje powyższe przepięcia, narażona jest natomiast aparatura, a przede wszystkim ochronniki. Ochronniki bowiem zdolne są przyjąć wyładowania atmosferyczne rzędu tysięcy amperów o czasie trwania kilkuset $\mu$s, ale mogą być uszkodzone przez prądy o natężeniu mniejszym, lecz o dłuższym czasie trwania. Istnieje przypuszczenie, że większość uszkodzeń ochronników spowodowana jest przepięciami tego typu. Poza tym niestałość napięcia względem ziemi zmusza do obniżenia efektu ochronnego ochronników przez podwyższenie napięcia pozostałego lub podwyższenie napięcia zapłonu, co z kolei podwyższa koszt ochronnika. Stosowanie kompensacji ogranicza do pewnego stopnia przepięcia, ale ich nie eliminuje.

Uziemienie punktu zerowego pozwala na zastosowanie ochronników o napięciu znamionowym o 20% niższym niż napięcie znamionowe ochronników w układach z izolowanym punktem zerowym, w założeniu jednakowego napięcia międzyprzewodowego, przez co uzyskuje się podwyższenie efektu ochronnego, gdyż odstęp między napięciem ochronnika, a napięciem przeskoku na izolatorach lub iskiernikach jest większy, [11], [16]. Przy uziemieniu punktu zerowego przepięcia tego typu są wyeliminowane. Dzięki ustaleniu napięcia faz względem ziemi funkcjonowanie układu jest bardziej regularne i aparatura jest lepiej chroniona od przepięć pochodzenia wewnętrznego.

Badania przebiegu fal uskokowych w pobliżu izolowanego punktu zerowego transformatora wykazują, że dzięki zjawisku odbicia powstają duże naprężenia izolacji w pobliżu punktu zerowego. Napięcie osiąga wartość 1,8 szczytu fali. Przepięcia te mogą przenosić się na niższe napięcie dając wartości niebezpieczne [16]. Przy uziemieniu punktu zerowego potencjał uzwojenia transformatora spada stopniowo do zera, przepięcia tego typu nie powstają. Jednak rozkład potencjału w normalnych transformatorach jest daleki od idealnego [3]. Sprawa możliwości zastosowania transformatorów o izolacji zmniejszającej się stopniowo w kierunku do punktu zerowego wymaga osobnego rozpatrzenia. W Ameryce buduje się transformatory tego rodzaju na napięcia od 115 kV w górę.

Ogólnie przy przyjęciu bezpośredniego uziemienia punktu zerowego nie można liczyć na zmniejszenie izolacji aparatury, jest ona jednak lepiej chroniona.

Przy ustalaniu izolacji układu istnieją dwie tendencje:

1) europejska — podporządkowanie izolacji przepięciom pochodzenia wewnętrznego;

2) amerykańska — podporządkowanie izolacji przepięciom pochodzenia atmosferycznego.

Tendencja europejska wydaje się słuszniejsza, gdyż przepięcia pochodzenia wewnętrznego są częstsze. Przy uziemionym punkcie zerowym ze względu na zmniejszenie przepięć tego typu można liczyć w pewnych granicach na zmniejszenie izolacji linii, jednak powiększy to liczbę wyładowań pochodzenia atmosferycznego, powiększy więc liczbę wyłączeń. Dla rozpatrywanego wypadku sieci państwowej, dzięki zastosowaniu słupów drewnianych, izolacja linii ulega znacznemu wzmocnieniu. Jak wiadomo, wytrzymałość drzewa na przeskok jest wielkością zmienną w szerokich granicach. Do obliczeń pobieżnych w ZSRR przyjmuje się jako najmniejszą wytrzymałość drzewa 200 kV/m, w Ameryce ocenia się tę wielkość na 350 kV/m przy częstotliwości przemysłowej. Badania wykazały, że dla fal uskokowych i drzewa mokrego wartości te spadają o 35—50% [18]. Z powyższego można wnioskować, że należy się liczyć z falami wędrownymi przychodzącymi do podstacji od strony linii o amplitudzie sięgającej w wyjątkowych wypadkach tysięcy kilowoltów [12]. Dla napięcia 110 kV ze względu na stopień izolacji aparatury groźne są jedynie bezpośrednie uderzenia pioruna w przewód. Przepięcia indukowane są niebezpieczne dla napięć niższych [12].

Uwzględniając konieczność ochrony aparatury, a przede wszystkim transformatorów mocy oraz mając na uwadze, że większość linii nie będzie posiadała linek odgromowych, najbardziej celowe wydaje się przyjęcie następującego systemu ochrony przeciwprzepięciowej:

1) użycie linki odgromowej w samej podstacji oraz na ostatnich 2 do 3 km linii;

2) zainstalowanie rożków na kilku pierwszych słupach chronionych linką licząc od strony linii;

3) użycie ochronników w każdym polu liniowym.

Wobec trudności uzyskania ochronników wydaje się przy uziemionym punkcie zerowym rzeczą możliwą ograniczenie ochrony do linek odgromowych jak w p. 1 oraz do rożków na odpowiednich słupach i na aparaturze. Rozwiązanie to stwarzałoby jednak pewne niebezpieczeństwo dla izolacji aparatury.

Wobec spadków napięcia w liniach napięcie może w niektórych odcinkach linii przekraczać 115% $U_n$. Przy ustaleniu klasy izolacji można przyjąć napięcie o 15% wyższe, a więc 126,5 kV [12]. Napięcie przeskoku na mokro wyniosłoby według PNE — 101

$$2{,}2\ .\ 126{,}5 + 20 = 298\ \text{kV};$$

napięcie przeskoku na mokro łańcucha izolatorów złożonego z 7 ogniw K3 wynosi 295 kV, przy 6 ogniwach — 255 kV. Odpowiednie napięcia przeskoku na sucho wynoszą 405 i 355 kV. Przy uwzględnieniu spółczynnika impulsu dla łańcuchów izolatorów średnio 1,15 [12] wytrzymałość udarowa wyniesie:

$$\text{dla 7-miu ogniw } \sqrt{2} \times 405 \times 1{,}15 = 650\ \text{kV},$$

$$\text{dla 6-ciu ogniw } \sqrt{2} \times 350 \times 1{,}15 = 570\ \text{kV}$$

Ustalona w 1937 roku w Ameryce klasa izolacji na impuls, tak zwana „baza izolacji" dla napięcia znamionowego 115 kV wynosi 570 kV. Według VDE 0670 — 41 baza izolacji dla 110 kV wynosi 450 kV. Różnica polega na innych określeniach bazy izolacji, albowiem według VDE napięcie odpowiadające bazie izolacji jest 50-procentowym napięciem przeskoku w urządzeniu z iskiernikami, według zaś ujęcia amerykańskiego napięcie „b a z a" jest takim napięciem fali, przy którym w urządzeniach bez iskierników nie nastąpią jeszcze wyładowania.

Według prof. Morawskiego dla układu z uziemionym punktem zerowym przy zastosowaniu wzoru według PNE — 101 oraz dla napięcia powiększonego o 15% w stosunku do znamionowego napięcie przeskoku na mokro winno wynosić:

$$2{,}2 \times 0{,}75 \times 126{,}5 + 20 = 230 < 255\ \text{kV}.$$

Kierując się powyższymi danymi widzimy, że przy uziemionym punkcie zerowym wystarczającą izolację daje 6 ogniw izolatorów K3, nie biorąc pod uwagę materiału słupa i poprzecznika. Izolacja taka daje dostateczną gwarancję zarówno pod względem przeskoku na mokro przy częstotliwości przemysłowej, jak również przy falach udarowych pochodzących od przypięć atmosferycznych. Odległość rożków ochronnych wynosiłaby około 680 mm, co dałoby napięcie przeskoku 50% przy fali udarowej 1/50 około 445 kV i wyładowanie przy częstotliwości przemysłowej około 256 kV [12].

Z powyższego widać, że zastosowanie systemu bezpośredniego uziemiania punktu zerowego pozwala na zmniejszenie liczby ogniw w łańcuchach izolatorów na linii z obecnie stosowanych 7 do 6 sztuk.

Dla lepszej ochrony aparatury od przepięć atmosferycznych mogą być użyte tzw. lampy ekspansyjne, stosowane tylko w układach z uziemionym punktem zerowym ze względu na dostateczną wartość prądu ziemno-zwarciowego. [11], [16]. Lampy te są uważane za uzupełnienie ochronników; mają one tę wyższość nad iskiernikami, że łuk gaśnie samoczynnie.

### 3. Zwarcie z ziemią.

a) S y s t e m i z o l o w a n e g o p u n k t u z e r o w e g o.

Zwarcie jednej fazy z ziemią powoduje powstanie łuku, który, jeśli nie gaśnie samoczynnie, prowadzi w większości wypadków, przy rozbudowanej sieci, do zwarcia międzyfazowego, [3], [15]. Łuk nie gaśnie, jeśli prąd ziemnozwarciowy przekracza 3 do 5 A [9]. Według Czernogubowskiego [3] rezygnuje się z systemu izolowanego punktu zerowego, gdy prąd ziemnozwarciowy przekracza 5 do 10 A. System ten jest stosowany dla napięć stosunkowo niskich i dla sieci nierozgałęzionych, ale i w tym wypadku konieczne są przyrządy wskazujące miejsce zwarcia dla odłączenia odcinka uszkodzonego.

Sieć 110-kilowoltowa na terenie Polski według orientacyjnego projektu dr inż. P. J. Nowackiego będzie posiadała długość łączną linii około 4 300 km pojedyńczego

toru. Przyjmując przeciętną rozpiętość przęsła 210 m, długość drągów 12 i 13 m, łańcuch izolatorów z 7 ogniw K3, otrzymamy średnią wysokość przewodu nad powierzchnią ziemi 9,10 m. Przy odstępie przewodów 4,35 m odpowiednie pojemności wyniosą:

pojemność cząstkowa przewodu względem ziemi

$C_{aa} = 5{,}43 \;.\; 10^{-3}\ \mu F/km,$

pojemność cząstkowa średnia między dwoma przewodami

$C_{ab} = 1{,}04 \;.\; 10^{-3}\ \mu F/km,$

pojemność robocza

$C = 8{,}55 \;.\; 10^{-3}\ \mu F/km.$

(liczone według [19]).

Dla powyższych wartości prąd ziemnozwarciowy wynosi $I_z = 1\,400$ A — dla całości sieci.

Według wzoru Fausta (VDE) $I_z = \frac{110 \,.\, 4\,300}{300} = 1\,580$ A.

Wielkość prądu ziemnozwarciowego wymagałaby wyłączenia odcinka sieci, w którym nastąpiło zwarcie z ziemią. Możliwość pracy z jedną fazą uziemioną, stanowiącą zasadniczą zaletę systemu, nie istnieje. Gdyby nawet zupełnie teoretycznie założyć podział sieci na obszary magnetycznie sprzężone, okazuje się, że aby łuk gasł samorzutnie, długość łączna linii 110-kilowoltowych jednego obszaru nie powinna przekraczać 31 km. Również przy prowizorycznym uruchomieniu linii na 60 kV z izolowanym punktem zerowym należy liczyć się z możliwościami zakłóceń na linii wskutek łuku ziemnozwarciowego, jeśli długość łączna linii przekracza ok. 60 km. Praktyka amerykańska wskazuje jednak, że łuk gaśnie również przy nieco większych rozpiętościach sieci [16].

System izolowanego punktu zerowego dawałby więc bardzo małą ciągłość ruchu. Opór uziemienia ochronnego w każdej podstacji musiałby być rzędu 0,08 $\Omega$, którą to wartość jest niezmiernie trudno osiągnąć w praktyce.

b) System sieci skompensowanej.

W sieci całkowicie skompensowanej prąd ziemnozwarciowy zostaje teoretycznie ograniczony do składowej czynnej, pochodzącej ze strat w obwodzie uziemienia i w linii. W praktyce dzięki pewnemu rozstrojeniu cewki, sięgającemu około ± 15%, prąd pozostały wynosi 4 do 10% całkowitego prądu ziemnozwarciowego, [9], [10], [18]. Dzięki brakowi ładunków statycznych i dzięki znacznemu zmniejszeniu przesunięcia fazowego między prądem ziemnozwarciowym a napięciem łuk gaśnie przy wartości prądu wyższej. Według twierdzenia Rüdenberga, opartego na praktyce i próbach przy najwyższych napięciach, łuk gaśnie przy prądach sięgających 40 A [6]. Ogólnie autorzy są zgodni co do maksymalnej dopuszczalnej wartości reszty prądowej 20 A [3], [9], [15]. Odpowiada to maksymalnej zmianie długości sieci skompensowanej dla 110 kV 60 do 70 km. Znaczy to, że przy ścisłej kompensacji sieci, niezależnie od jej długości, może być wyłączony lub dodany bez przestawienia zaczepów cewki kompensacyjnej odcinek sieci o długości 60 do 70 km. W rozpatrywanym wypadku sieci polskiej odcinki sieci będą sięgały 140 km. Dla umożliwienia kompensacji należałoby zaopatrzyć wszystkie dłuższe odcinki, a więc w praktyce większość odcinków, w urządzenia gaszące. Z przykładów istniejących można przytoczyć sieć Dnieprostroju na napięcie 154 kV przy długości odcinków 60 km, gdzie okazało się rzeczą konieczną zaopatrzenie każdego odcinka w urządzenia gaszące.

Opierając się na praktyce niemieckiej można przyjąć [6], że możliwość przepięć rezonansowych dla fali głównej nie istnieje nawet przy ścisłej kompensacji. Zwykle stosuje się jednak cewki o indukcyjności mniejszej o 10 do 15% od rezonansowej, co według doświadczeń m. inn. japońskich zmniejsza znacznie prąd przepływający przez cewkę [4]. Takie rozstrojenie cewki jest jednak możliwe tylko wówczas, gdy nie powoduje większej reszty prądowej niż 20 A. Poza tym wymagane jest możliwie dokładne wyrównanie pojemności poszczególnych faz.

Ścisłe obliczenie prądów ziemnozwarciowych i prądów kompensacji jest niemożliwe. W sieciach rozgałęzionych nie można się liczyć z większą dokładnością obliczeń niż 10%. Przy użyciu tzw. kompensometru*) dokładność tę można powiększyć do 2—3%. Biorąc ponadto pod uwagę zmianę wartości prądu ziemnozwarciowego w zależności od warunków atmosferycznych, można przyjąć rzeczywistą niedokładność kompensacji około 5%. Wychodząc ze wzoru Fausta można w przybliżeniu określić maksymalną rozpiętość sieci, dla której może być zastosowany system zera skompensowanego, wychodząc z założenia, że składowa bierna reszty prądowej nie może przekraczać 20 A:

$$0{,}05 \cdot \frac{110 \cdot X}{300} < 20 \text{ A},$$

skąd $X < 1100$ km.

Według Czernogubowskiego [3] gaszenie łuku nie jest możliwe, jeżeli całkowity prąd ziemnozwarciowy przekracza 700 do 800 A. Jako wartość graniczną należałoby przyjąć 500 A, co daje jako maksymalną długość linii, dla których mogą być stosowane urządzenia gasikowe przy napięciu rzędu 100 kV, około 1200—1300 km w założeniu dokładności dostrojenia 2,5—3%. Dla większych sieci stosowanie tego systemu mija się z celem, albowiem łuk nie gasłby samorzutnie i każde zwarcie z ziemią jednej fazy musiałoby powodować wyłączenie odpowiedniego odcinka. Zastosowanie systemu sieci skompensowanej wymagałoby więc podziału sieci na kilka sektorów.

c) System uziemionego punktu zerowego.

Każde uziemienie fazy powoduje zwarcie i wyłączenie odpowiedniego odcinka sieci. Ponadto wadę systemu stanowią duże prądy zwarcia, jednak aparatura jest liczona na wytrzymałość dynamiczną bezpośredniego zwarcia trójfazowego i na wytrzymałość termiczną potrzebną do zadziałania urządzeń ochronnych. Zastosowanie więc powyższego systemu nie wpłynie na podrożenie kosztów aparatury. Według danych z r. 1933 [3] nie uziemiano bezpośrednio punktu zerowego, gdy prąd zwarcia trójfazowego z ziemią przekraczał 5000 A, co dla napięcia 110 kV odpowiada mocy zwarcia 950 MVA, prawdopodobnie ze względu na dłuższy czas wyłączania i niedostateczną moc odłączalną wyłączników.

Zakładając zastosowanie nowoczesnych wyłączników o łącznym czasie wyłączania nie przekraczającym 0,2 sek. [16], co obecnie jest osiągane bez trudności, system ten można zastosować również dla większych prądów zwarcia.

Wadę systemu stanowi poza tym trudność określenia prądów zwarcia, co może być dokonane przy użyciu analizatorów sieciowych, oraz pewna zależność prądów zwarcia od zmiennej wartości oporu uziemienia.

**4. Pewność i ciągłość ruchu.**

Jak wykazują rozważania dotyczące prądów ziemnozwarciowych, przy wszystkich trzech systemach uziemienie fazy musiałoby w sieci polskiej powodować automatyczne wyłączenie odcinka. Tymczasem według danych statystycznych podanych przez Rüdenberga i innych zwarcia na linii są powodem 80% zakłóceń. Przy słupach drewnianych ilość ta jest nieco mniejsza.

Według danych amerykańskich procentowość zwarć trwałych w liniach na słupach drewnianych wynosi około 25% [15].

Do ograniczenia liczby przerw w ruchu wydaje się jako środek najlogiczniejszy i najprostszy zastosowanie ponownego włączania bardzo szybkich wyłączników, które pozwoli teoretycznie na zachowanie ciągłości ruchu w 75% wypadków zwarć na linii z uziemionym lub izolowanym punktem zerowym. Liczba ta w praktyce będzie mniejsza ze względu na możliwość wielokrotnego uderzenia pioruna. Rozwiązanie to jest tańsze, skuteczniejsze i dogodniejsze dla uzyskania ciągłości pracy sieci, niż inne sposoby jak cewka gasikowa i podział sieci, wzmocnienie izolacji aparatury i linii, linka odgromowa, dublowanie linii.

W sieci skompensowanej gaszenie łuku następuje w 50—80% wypadków zwarć przejściowych [16]. Urządzenia gasikowe eliminuje zatem 40—60% zakłóceń na liniach na słupach drewnianych.

Zastosowanie bardzo szybkiego ponownego włączania pozwoliło dopiero wziąć pod uwagę bezpośrednie uziemienie punktu zerowego urządzeń najwyższych napięć. [16].

Dla uzyskania ciągłości ruchu konieczne jest zastosowanie przekaźników zapewniających wybiorczość wyłączania. Przy systemie uziemionego punktu zerowego, wobec większych prądów zwarcia, działanie przekaźników

*) Projekt kompensometru przedstawiono na Międzynar. Konferencji Wielkich Sieci Elektrycznych w Paryżu w 1931 r.

jest pewniejsze. Najlepiej spełniają swe zadanie przekaźniki biernooporowe (odległościowe).

Do włączania bardzo szybkiego nadają się szczególnie przekaźniki Brown-Boveri, tzw. o polu wirującym o charakterystyce schodkowej. Przy normalnym systemie ochrony wybiorczej czas podstawowy przekaźnika rozciąga się na 85% długości odcinka chronionego, ponieważ błąd przekaźnika we wszystkich systemach odległościowych wynosi około 15%. Pierwsze wyłączenie musi działać przy czasie podstawowym, tymczasem przy zwarciu na krańcu odcinka sieci odseparowanie całkowite na krótki okres czasu odcinka przez jednoczesne dwustronne odłączenie nie nastąpiłoby, wyrzuciłby bowiem po upływie czasu podstawowego tylko wyłącznik bliższy. Dla uzyskania pewności wyłączenia wybiorczego należy czas podstawowy dla pierwszego wyłączenia rozciągnąć na co najmniej 115% długości odcinka. W tym wypadku istnieje możliwość, że wyrzuci również wyłącznik w odcinku sąsiednim, co nie jest groźne wówczas, gdy po jednej nieudanej próbie ponownego włączenia wyłączniki działają przy normalnej 85% charakterystyce. Jednak działanie ochrony odległościowej według doświadczenia na liniach amerykańskich jest w dużym stopniu zależne od oporu uziemienia. Uzyskanie pewności wyłączenia możliwe jest tylko przy zabezpieczeniu różnicowym [7].

Przy sieci skompensowanej, przy uziemieniu jednej fazy prądy są bardzo małe, tak że zlokalizowanie zwarcia przy pomocy przekaźników jest bardzo utrudnione, chyba że się na moment zewrze cewkę. W tym wypadku system zachowuje się, jak gdyby punkt zerowy był bezpośrednio uziemiony. Stosuje się zwykle przekaźniki watomierzowe, nie uzyskuje się jednak dobrej wybiorczości wyłączania, [4], [8].

**5. Stateczność pracy równoległej.**

Warunek zachowania stateczności pracy równoległej dwóch układów zasilania połączonych odcinków linii stanowi zasadniczą przeszkodę w stosowaniu ponownego włączania. Czas przerwy bowiem winien być dostatecznie krótki, by współpracujące układy nie wypadły z synchronizmu, z drugiej zaś strony dostatecznie długi dla umożliwienia dejonizacji przestrzeni, w której powstał łuk, tak aby po włączeniu nie nastąpił ponowny zapłon. Największy dopuszczalny czas przerwy zależy od największej mocy przesyłowej linii, od mocy przesyłanej przed zakłóceniem ruchu, od bezwładności układu przesyłowego i od systemu regulacji [15].

Przy połączeniu odcinkiem sieci układów zasilania różniących się znacznie mocą zainstalowaną i przy przesyłaniu dużej mocy w stosunku do mocy granicznej łączny dopuszczalny czas przerwy spada do rzędu 0,1 sek. Przy przesyłaniu małej mocy w stosunku do mocy granicznej i w stosunku do mocy przyłączonych siłowni czas ten wzrasta w wyjątkowych wypadkach do rzędu 1 sek.*). Przeciętnie stosowane są czasy 0,2 do 0,40 sek. Na całkowity czas przerwy składa się czas własny przekaźnika, czas własny wyłącznika, czas dejonizacji przestrzeni łuku.

Czas dejonizacji z kolei zależy od szeregu czynników częściowo nieuchwytnych. Według Griscoma można przyjąć, że dla napięcia 110 kV istnieje prawdopodobieństwo 95% niezapalenia się ponownego łuku, jeśli czas dejonizacji wynosi około 8 okresów, co odpowiada około 0,13 sek. W praktyce stosuje się wartości wyższe wobec niebezpieczeństwa wielokrotnego uderzenia pioruna. Jeżeli przyjąć czas dejonizacji nawet 0,15 sek., czas własny przekaźnika 0,05—0,06 sek., to czas własny wyłącznika musiałby wynosić 0,09—0,1 sek., aby przerwa całkowita nie przekroczyła 0,3 sek. W niektórych punktach sieci musiałby on być jeszcze mniejszy. Uzyskanie tak małego czasu nie jest osiągalne przy każdym typie wyłącznika. W każdym razie jest korzystne zaopatrzenie tej części sieci, gdzie stosunek mocy przesyłanej do zainstalowanej jest największy, w wyłączniki o minimalnym czasie własnym.

Powyższe rozważania przeprowadzono w założeniu ścisłej jednoczesności wyłączania dwóch wyłączników na krańcach odcinka, która wymaga dodatkowych urządzeń sterowanych falami nośnymi wielkiej częstotliwości. Urządzenia takie są stosowane w Ameryce**). W Europie urządzenia te są mniej używane, wskutek czego błąd własny przekaźnika i błąd czasu przerwy przez niejednoczesne wyłączenie i włączenie powoduje w efekcie skrócenie rzeczywistego czasu dejonizacji i wydłużenie przerwy rzeczywistej między układami współpracującymi. Do ponownego włączenia trójbiegunowego wyłączniki o czasie własnym 0,1 sek. należałoby uważać za zbyt powolne. Najodpowiedniejszymi do tego celu są wyłączniki pneumatyczne, gdzie gaszenie łuku następuje w komorze gasikowej, a część odłącznikowa działa tylko w wypadku wyłączenia definitywnego. W każdym razie przy ponownym włączaniu trójbiegunowym należy się liczyć z dużymi uderzeniami prądu.

Dla uniknięcia opisanych trudności stosuje się ponowne włączanie o zredukowanej liczbie biegunów, pozwalające na przedłużenie przerwy i zmniejszenie uderzenia prądu. Korzyści te uzyskuje się dzięki zjawisku przesyłania mocy synchronizującej podczas operacji ponownego włączania. Zgodnie z danymi za r. 1943, obejmującymi prawie całość sieci francuskich najwyższych napięć i zebranymi przez Lagoute'a, zwarcia jednej fazy wynoszą prawie 90% wszystkich zwarć na liniach [17]. Ponowne włączenie jedno- i dwufazowe nie jest jednak zawsze możliwe, gdyż w miejscu zwarcia dzięki pojemności między przewodnikiem wyłączonym i zdrowymi, płynie prąd resztkowy I p, który przedłuża czas dejonizacji. Gdy prąd ten osiąga 20 A, dejonizacja w ogóle nie jest możliwa [15]. Zakładając, że długość odcinka linii poddanego operacji ponownego włączenia o zredukowanej liczbie biegunów wynosi 140 km, otrzymamy według [15] następujące wyniki:

a) S y s t e m u z i e m i o n e g o p u n k t u z e r o w e g o.

1. Zwarcie jednej fazy z ziemią, wyłączenie jednobiegunowe:

$$I_p = \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot \omega \cdot C_{ab} \cong 2{,}9 \text{ A},$$

gdzie $U$ — napięcie międzyprzewodowe,

$\omega$ — pulsacja,

$C_{ab}$ — pojemność między dwiema fazami odcinka.

2. Zwarcie dwóch faz z ziemią, wyłączenie dwubiegunowe:

między fazami przerwanymi

$$I_p = \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot \omega \cdot C_{ab} \cong 2{,}9 \text{ A};$$

całkowity prąd resztkowy względem ziemi

$$I_p = 2 \cdot \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot \omega \cdot C_{ab} \cong 5{,}8 \text{ A}.$$

3. Zwarcie dwufazowe bez zwarcia z ziemią:

$$I_p = 0.$$

b) S y s t e m i z o l o w a n e g o p u n k t u z e r o w e g o.

1. Zwarcie dwufazowego z ziemią, wyłączenie jednobiegunowe. Prąd resztkowy między fazami i prąd ziemnozwarciowy całkowity:

$$I_p = \sqrt{3}\, U \cdot \omega \cdot C_{aa_1} \cong 1350 \text{ A},$$

gdzie $C_{aa_1}$ — pojemność fazy względem ziemi reszty sieci (o długości 4 300 — 140 = 4 160 km).

2. Zwarcie dwufazowe bez zwarcia z ziemią, wyłączenie jednobiegunowe:

$$I_p = U \cdot \omega \cdot \sqrt{\frac{1}{3} C_{aa}^2 + C_{aa} \cdot C_{ab} + C_{ab}^2} \cong 20 \text{ A},$$

gdzie $C_{aa}$ — pojemność fazy względem ziemi odcinka,

$C_{ab}$ — „ międzyfazowa odcinka.

c) S y s t e m s i e c i s k o m p e n s o w a n e j. Przyjęto sieć podzieloną. Łączna długość obszaru 1 200 km. Długość odcinka 140 km.

1. Zwarcie dwufazowe z ziemią, wyłączenie jednobiegunowe. Prąd pozostały między fazami i prąd ziemnozwarciowy całkowity:

$$I_p = \sqrt{3} \cdot U \cdot \omega \cdot C_{aa_1} \cdot X \cong 35 \text{ A}$$

$C_{aa_1}$ — pojemność fazy względem ziemi reszty obszaru sieci (o długości 1 200—140 = 1 060 km),

$X$ — stopień rozstrojenia kompensacji (przyjęto 0,10).

2. Zwarcie dwufazowe bez zwarcia z ziemią, wyłączenie jednobiegunowe.

$$I_p = U \cdot \omega \cdot \sqrt{\frac{1}{3} C_{aa}^2 + C_{aa} \cdot C_{ab} + C_{ab}^2} \cong 20 \text{A}.$$

---

*) Dane orientacyjne z krzywych Griscoma i Toroka dla zakresów odpowiadających mniej więcej warunkom sieci polskiej.

**) Np. system stosowany przez American Gas and Electric Service Corporation, opisany przez Sporna i Müllera na M.K.W. S. E. w Paryżu w latach 1937 i 1939.

Otrzymane wartości wskazują, że ponowne włączanie przy zredukowanej liczbie biegunów może być stosowane w sieci polskiej o napięciu 110 kV tylko wtedy, jeżeli sieć ta będzie miała bezpośrednio uziemiony punkt zerowy. Przy systemie sieci skompensowanej stosowanie ponownego włączania w ogóle nie wydaje się gospodarczo uzasadnione, albowiem byłoby ono przeznaczone jedynie do eliminowania zwarć dwu i trójfazowych, które, jak wiadomo, są znacznie rzadsze od uziemienia jednej fazy.

Stosowanie wyłączenia jedno i dwu-biegunowego pozwala na przedłużenie czasu dejonizacji, co z kolei powiększy liczbę operacji udanych, gdyż obejmie wypadki wielokrotnego uderzenia pioruna, które prawdopodobnie będą dotyczyły jednego przewodu. Według badań Eachrona wielokrotne uderzenia pioruna stanowią około 7% wszystkich uderzeń bezpośrednich, a ich łączny czas trwania według Eachrona, Stiekolnikowa i innych sięga 16 okresów (0,27 sek.) i więcej [15].

Czas trwania łuku spowodowanego prądem resztkowym według badań francuskich (Maury) rzadko przekracza 0,2 sek.; aby uzyskać pewność dejonizacji, powiększa się ten czas o kilka setnych sekundy [17]. Rezultaty prób ponownego włączania wykonanych we Francji na sieci STEC o napięciu 150 kV wykazują:

a) przy wyłączeniach jednobiegunowych przesunięcie fazy nie przekroczyło nigdy 20° po przerwie 0,4 sek; zjawisk niestateczności nie stwierdzono;

b) przy przedłużeniu czasu włączania do 18—20 sek. przesunięcie fazowe nie przekroczyło 20°;

c) przy przerwie dwubiegunowej przesunięcie fazy osiągnęło 32° przy czasie przerwy 0,4 sek.; znacznych uderzeń prądu nie było;

d) przy przerwie trójbiegunowej przesunięcie fazy 180° osiąga się po czasie około 0,58 sek. [17].

Próby te wykazały poza tym możliwość zastosowania wyłącznika małoolejowego do włączania bardzo szybkiego.

W konsekwencji powyższych rozważań najcelowszym wydaje się zastosowanie w sieci polskiej systemu uziemionego punktu zerowego, wyłączników w polach liniowych o możliwie małym czasie własnym, zaopatrzonych w mechanizm ponownego włączania przy zredukowanej liczbie biegunów. Czas łączny przerwy byłby rzędu 0,4 sek. Oczywiście przy nieudanej operacji ponownego włączenia wyłączenie definitywne byłoby trójbiegunowe.

### 6. Wpływ na linie telekomunikacyjne.

Sprzeciw przedstawicieli telekomunikacji był zasadniczą przeszkodą w zastosowaniu systemu z uziemionym punktem zerowym w wielu państwach europejskich. Wpływ linii energetycznych na linie prądu słabego zaznacza się zarówno przy pracy normalnej układu energetycznego, jak i przy występujących w nim zakłóceniach. Charakter oddziaływania można podzielić na dwa:

a) elektrostatyczny — wywołany znajdowaniem się przewodów prądu słabego w polu elektrycznym przewodów energetycznych pod napięciem; wpływ ten jest stosunkowo mały;

b) elektrodynamiczny — wywołany przez prądy powracające przez ziemię.

#### Praca normalna sieci

Wpływ elektrostatyczny można przy wszystkich trzech systemach pominąć.

Wychodząc z założenia, że układ symetryczny prądów sinusoidalnych nie oddziaływa elektrodynamicznie na linie prądu słabego, należy dążyć do tego, by suma geometryczna prądów płynących w trzech przewodach była równa zeru. W systemie z izolowanym punktem zerowym zachodzi to zawsze, dlatego można uważać, że system ten nie wywiera w pracy normalnej wpływu na linie telekomunikacyjne. Przy zerze uziemionym bezpośrednio lub za pośrednictwem cewki Petersena, wskutek różnej pojemności faz względem ziemi, niesymetria prądów pojemnościowych powoduje przepływ wyrównawczego prądu pojemnościowego przez zera transformatorów. Dla możliwego zmniejszenia tych prądów należy dążyć do dokładnego wyrównania pojemności faz przez przeplecenie przewodów na linii lub, jeśli odległość między podstacjami jest mała, w podstacjach. Wartość tego prądu wyrównawczego jest związana z pojemnością całej sieci elektrycznie połączonej, a więc powiększenie liczby uziemionych punktów zerowych transformatorów spowoduje zmniejszenie prądu w poszczególnym transformatorze, a tym samym zmniejszenie lokalnego wpływu na linie prądu słabego, co potwierdza praktyka, [2], [16].

Ze względu na większą częstotliwość bardziej niebezpieczny jest wpływ wyższych harmonicznych. Źródłem ich jest transformator szczególnie w układzie Y/Y. Harmoniczne napięcia w układzie symetrycznym, to jest rzędu innego niż wielokrotność 3-ch, wytwarzają ten sam układ co prądy o częstotliwości roboczej, lecz wywołują odpowiednio większe prądy pojemnościowe. Praktycznie wpływ tych harmonicznych jest jednak nieznaczny. Najwięcej dają się odczuć harmoniczne rzędu 3 i wielokrotne. Harmonicznych tych w układzie izolowanego punktu zerowego nie ma. W układzie zera uziemionego natomiast mogą one swobodnie krążyć przez ziemię i przez pojemność sieci tzw. jednofazową. Dla ich zmniejszenia zaleca się jak najbardziej obniżyć nasycenie żelaza transformatora. Uważa się, że przy indukcji 1,2 Wb/m² 3-ej harmonicznej praktycznie nie ma [2]. W rzeczywistości nasycenia żelaza w transformatorach są większe, zaleca się więc zastosowanie trzeciego uzwojenia w trójkąt (zgodnie z zasadą VDE, 0228, § 10). W sieci skompensowanej harmoniczne te są ograniczone, jednak nie wyeliminowane.

Wpływ nierówności pojemności fazowych i obecność harmonicznych ujawnia się przez napięcie na cewce kompensacyjnej w czasie pracy normalnej. Np. w Japonii na sieci 154-kilowoltowej napięcie takie wynosiło przed ulepszeniem transpozycji przewodów 1300 V, po ulepszeniu transpozycji spadło do rzędu 300—400 V [4].

#### Zakłócenia w sieci

W systemie izolowanego punktu zerowego i petersenowskim przy uziemieniu jednej fazy powiększa się napięcie względem ziemi faz pozostałych, dzięki czemu wzrasta oddziaływanie elektrostatyczne. Występuje również oddziaływanie elektrodynamiczne wskutek niesymetrii prądów — tym większe, im większe są prądy ziemnozwarciowe. Przy uziemionym punkcie zerowym, wobec dużego natężenia prądów zwarcia, wpływ ten jest bardzo silny, jednak według niektórych autorów nie jest on większy niż elektrostatyczny wpływ uziemienia fazy w systemie izolowanego punktu zerowego [16]. Złagodzenie oddziaływania zwarć może być uzyskane przez ograniczenie czasu trwania zwarć dzięki zastosowaniu wyłączników o możliwie małym czasie własnym oraz przez zaopatrzenie linii energetycznych w okręgach o gęstej sieci telekomunikacyjnej w linki odgromowe, przez które częściowo prąd wraca.

Niezależnie od przyjętego systemu najskuteczniejszym środkiem zmniejszenia oddziaływania na linie telekomunikacyjne jest oddalenie przewodów energetycznych od tych linii, co można osiągnąć przez odpowiednie trasowanie linii, a więc unikanie przebiegu równoległego i zbliżeń do węzłów telekomunikacyjnych. Z drugiej strony inwestycje telekomunikacyjne musiałyby być uzgodnione z trasami linii energetycznej sieci państwowej. Uzgodnienie tych projektów dzięki centralizacji dyspozycyjnej władzy przemysłowej wydaje się być ułatwione. Orientacyjnie według VDE, 022,8 w systemie uziemionego punktu zerowego odstęp, dla którego można nie liczyć się z wywoływaniem trzasków, wynosi około 1 000 m, dla systemu zaś izolowanego punktu zerowego i dla sieci skompensowanej przy odstępie około 100 m przepisy nie przewidują różnicy dla zakłóceń ruchu.

### 7. Rozwój sieci i możliwość połączenia z innymi sieciami.

W systemie uziemionego punktu zerowego przy elektrycznym połączeniu całości sieci rozbudowa nie nastręcza trudności, będzie się tylko zmieniał rozpływ prądów zwarciowych. W sieci skompensowanej budowa każdego dłuższego odcinka wymaga instalacji urządzenia gaszącego do maksymalnych granic rozwoju sieci określonych w rozdz. 3. Możliwość połączenia elektrycznego z innymi sieciami o tym samym napięciu istnieje tylko wówczas, jeśli inne sieci posiadają ten sam system połączenia punktu zerowego z ziemią, w przeciwnym wypadku połączenie może być dokonane przy pomocy sprzężenia

magnetycznego. Przy przyjęciu sieci skompensowanej i podziale na obszary, wobec rozciągłości sieci w jednym obszarze, połączenie z innymi sieciami może być wykonane jedynie przy użyciu transformatorów.

## 8. Wnioski.

System izolowanego punktu zerowego

Zalety.

1. Stosunkowo najłatwiejsze określenie rozpływu prądów zwarcia.
2. Stosunkowo mały wpływ na linie telekomunikacyjne przy pracy normalnej.

Wady.

1. Wysokie przepięcia na skutek łuku ziemnozwarciowego i związane z tym duże naprężenia izolacji aparatury.
2. Duża możliwość uszkodzenia ochronników.
3. Duże naprężenia izolacji przy zerze transformatorów na skutek zjawiska odbicia fal uskokowych.
4. Duży prąd ziemnozwarciowy i duży koszt uziemienia ochronnego w każdej podstacji nawet przy podziale sieci na obszary.
5. Konieczność wyłączania odcinka przy uziemieniu fazy.
6. Niemożność zastosowania ponownego włączania o zredukowanej liczbie biegunów.

System sieci skompensowanej

Zalety.

1. Zmniejszenie przepięć spowodowanych łukiem ziemnozwarciowym.
2. Samoczynne gaśnięcie łuku ziemnozwarciowego, co pozwala na niestosowanie ponownego bardzo szybkiego włączania.
3. Maksymalna pewność stateczności pracy równoległej.
4 Stosunkowo mały wpływ na linie telekomunikacyjne.

Wady.

1. Duży koszt urządzeń gaszących.
2. Konieczność podziału sieci.
3. Ilość przerw w ruchu większa niż przy stosowaniu ponownego włączania.
4. Trudności rozrządu przez konieczność dostrajania cewek.
5. Trudności zlokalizowania zwarcia z ziemią.
6. Konieczność ścisłego wyrównania pojemności fazowych.
7. Konieczność stałego dostosowywania aparatury gaszącej do stanu rozbudowy sieci.
8. Trudności przy połączeniu z innymi sieciami.

System uziemionego punktu zerowego

Zalety.

1. Zmniejszenie do minimum przepięć pochodzenia wewnętrznego.
2. Ewentualna możliwość niestosowania ochronników.
3. Możliwość zmniejszenia izolacji na liniach.
4. Większa pewność działania przekaźników wyłączenia wybiorczego i łatwość lokalizowania zwarcia.
5. Największa pewność ruchu przy zastosowaniu ponownego bardzo szybkiego włączania.
6. Możliwość zastosowania ponownego włączania o zredukowanej liczbie biegunów, co powoduje powiększenie stateczności pracy równoległej.
7. Łatwa rozbudowa i możliwość połączenia z innymi sieciami, jeśli te sieci mają również uziemiony punkt zerowy.

Wady.

1. Trudność określenia prądów zwarcia.
2. Konieczność zastosowania bardzo szybkiego włączania dla podwyższenia ciągłości ruchu.
3. Duży wpływ na linie prądu słabego i konieczność wyrównania pojemności fazowych.

Przytoczone wyżej rozważania wydają się wskazywać, że w warunkach polskich najcelowszym zarówno pod względem technicznym, jak i gospodarczym byłoby przyjęcie systemu bezpośredniego uziemienia punktu zerowego z zastosowaniem bardzo szybkiego ponownego włączania o zredukowanej liczbie biegunów we wszystkich wyłącznikach w liniowych polach stacji rozdzielczych. Przyjęcie tego systemu będzie prawdopodobnie rozwiązaniem najtańszym. Samo zmniejszenie izolacji liniowej da oszczędności dla całej sieci około 176 mln. zł, licząc cenę ogniwa izolatora $K_3$ średnio 1950 zł wraz z opakowaniem i transportem i przy założeniu średnio dwóch słupów odporowych i trzech przelotowych na 1 km linii. Dalszą ewentualną oszczędność spowodowałoby niestosowanie ochronników. Na podrożenie urządzenia wpłynąłby koszt uziemień i aparatury do bardzo szybkiego ponownego włączania. Gdyby w okręgach podstacji zasilających o bardzo dużej mocy prądy zwarcia okazały się zbyt duże, ograniczenie ich wielkości mogłoby być uzyskane przez włączenie między punkt zerowy transformatorów w takiej podstacji a ziemię oporu rzędu kilku omów. Poza tym uziemione mogłyby być punkty zerowe transformatorów w niektórych podstacjach. Wyboru podstacji należałoby dokonać w ramach projektu całości sieci.

Przyjęcie systemu sieci skompensowanej wydaje się być rozwiązaniem najdroższym ze względu na koszt aparatury gaszącej. System ten rozpowszechnił się dlatego, że z jednej strony powiększał pewność ruchu w stosunku do innych systemów przez samoczynne gaszenie łuku w rozbudowanych stosunkowo sieciach oraz przez zmniejszenie wpływu na linie telekomunikacyjne. Pierwszy wzgląd był istotny wówczas, kiedy urządzenie gaszące było jedynym sposobem likwidowania — bez przerwy w ruchu — uziemień fazy w sieciach rozbudowanych. Ponowne bardzo szybkie włączanie rozwiązuje tę kwestię w sposób skuteczniejszy, obejmuje bowiem również zwarcia międzyfazowe. Wpływ na linie telekomunikacyjne w wypadkach, gdy nie można go wyeliminować przez odpowiednie trasowanie linii, należałoby zmniejszyć przez dostosowanie samych urządzeń prądu słabego.

System izolowanego punktu zerowego należałoby w ogóle odrzucić ze względu na wielkość prądu ziemnozwarciowego i inne wady.

Przykłady istniejących sieci wskazują na duże rozpowszechnienie systemu uziemionego punktu zerowego. Np. we Francji większość sieci na najwyższe napięcia posiada uziemiony punkt zerowy. W Anglii sieć krajowa na 132 kV posiada punkt zerowy uziemiony bezpośrednio lub przez opory rzędu kilku omów, choć linie przechodzą przez tereny silnie zaludnione, a więc o gęstej sieci przewodów telekomunikacyjnych. W Ameryce w roku 1923 na ogólną długość linii na napięcia 75 do 110 kV równą 8600 km — 82% linii należało do systemu z uziemionym punktem zerowym, 3,2% — do urządzeń z izolowanym punktem zerowym i 14,8% do urządzeń z zerem połączonym z ziemią przez opór omowy. W roku 1931 na ogólną długość linii na napięcia 100 do 110 kV 14 500 km — 96% należało do urządzeń z uziemionym bezpośrednio punktem zerowym, a 4% do urządzeń skompensowanych [16]. Cyfry te są wprawdzie nieaktualne, wskazują jednak z grubsza, w jakim kierunku następował rozwój. System sieci skompensowanej stosowany jest, jak wiadomo, przede wszystkim w Niemczech, poza tym w Szwecji, Danii, Holandii i Japonii, gdzie głównym motywem jego zastosowania było dążenie do uniknięcia oddziaływania na linie telekomunikacyjne.

## LITERATURA*)

[1] Rapport sur les courants de capacité dans les lignes triphasées. M. Caminiti. Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Électrique. Quatrième Congrès. Paris, VII, 1932.

[2] La mise à la terre du point neutre des installations triphasées à haute tension, envisagée au point de vue du montage intérieur des transformateurs. M. F. Guery. Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique. Quatrième Congrès. Paris, 1932.

[3] Choix de la méthode de mise à la terre du neutre des réseaux à haute tension. Z. P. Tchernogoubowski (ZSRR). Conférence Internationale de Grands Réseaux Electriques. Session de 1933.

*) Niniejszy spis jest bardzo daleki od kompletnego. Podane są jedynie źródła, z których korzystano bezpośrednio lub pośrednio przy opracowaniu artykułu.

[4] Réactances employées au Japon, pour supprimer les arcs. Eishiro Fukao (Japonia), Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques, Session 1933.

[5] Courant de circulation dans le sol en régime permanent et en régime troublé, dans un réseau triphasé dont le neutre est mis à la terre. E. Evrard (Belgia). Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques. Session 1933.

[6] Mise à la terre du point neutre. — Discussion. Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques. Session 1933.

[7] Aus der Praxis amerikanischer Leitungsschutztechnik. Hunt und Kroneberg E. T. Z. 1935.

[8] Vorgänge bei Erdschluss in gelöschten und ungelöschten Netzen und die gebräuchlichen Relaisschutzeinrichtungen. Wilhelm Fleischhauer. Siemens Zeitschrift, 1935.

[9] Sieci Elektryczne i Współpraca Elektrowni. Adolf Jan Morawski. 1936.

[10] Bulletin Schweiz. elektr. Ver., 27 (1936) — A von Gastel 1936 (ETZ 1936).

[11] Coordinamento dell'isolamento e protezione delle centrali elettriche dalle scariche atmosferiche. P. L. Bellaschi, Energia Elettrica, VI. 1939.

[12] Note sul coordinamento degli isolamenti degli impianti elettrici. A. Dalla Verde. Energia Elettrica. VII. 1942.

[13] Kippschwingungen in Starkstromanlagen. Walter Koch. ETZ. 12. VIII. 1943.

[14] Bekämpfung von Kippschwingungen. Rudolf Bauer. ETZ, 10. II. 1944.

[15] Considerazioni sulla reinserzione degli interruttri. V. Savagnone. Energia Elettrica. IX—X. 1944.

[16] Neutro a terra o neutro isolato. G. Gatto. Energia Elettrica, XI—XII, 1944.

[17] Bulletin de la Société Française des Electriciens, VI. 1945. P. Lagoute, E. Maury, L. Cabanes. (Energia Elettrica III — 1946).

[18] Tiechnika wysokich napriażenij. M. A. Babikow, N. S. Komarow i A. S. Sergiejew. 1947.

[19] Le Grandi Linee di Trasmissione d'Energia. Caleolazione Elettrica. A. Dalla Verde. 1947.

[20] Koncepcja krajowej sieci najwyższych napięć. Dr inż. Paweł Jan Nowacki. Przegląd Elektrotechniczny, 1948, z. 4/5. str. 86.


INŻ. MGR MOSZCZYŃSKI STANISŁAW

# Wybór napięcia sieci rozdzielczych w związku z zagadnieniem elektryfikacji wsi*)


Treść. Przewidywane obciążenie sieci wiejskich i stosunek zużycia wsi i miast. Elastyczność sieci wiejskich oraz obniżenie kosztów budowy i eksploatacji przez normalizację i elektryfikację jednofazową. Tempo elektryfikacji wsi. Porównanie wyników rozważań dla napięć 6, 15 i 30 kV oraz systemu jednofazowego.

**Выбор напряжения распределительных сетей в связи с вопросами электрификации сельского хозяйства.** Предполагаемая нагрузка сельско-хозяйственных сетей и отношение потребления энергии в сельском хозяйстве к потреблению в городах. Эластичность сельско-хозяйственных сетей и понижение первоначальной стоимости, равным образом как и эксплоатационных расходов, благодаря стандартизации и применению однофазной проводки.

**Selection of voltage in supply systems relatively to the problem of rural electrification.** Anticipated load of rural lines and relative consumption by rural and town consumers in provincial districts. Flexibility of rural lines as well as reduction of construction costs and of operatng expenses by introduction of standardisation and single-phase system. Rate of rural electrification. Comparison of the results of considerations in respect of 6, 15, 30 kV and single-phase systems.

**Choix d'une tension de distribution en rapport avec le problème de l'électrification rurale.** Estimation des charges des réseaux ruraux et du rapport des consommations des campagnes et des villes dans les régions rurales. Elasticité des réseaux ruraux et abaissement des frais de construction et d'exploitation grâce à la normalisation et l'emploi du système monophasé. Rapidité de l'électrification rurale. Comparaison des résultats de considérations relatives aux tensions 6, 15 et 30 kV ainsi qu'au système monophasé.


## 1. Wstęp.

Wybór napięcia sieci rozdzielczych jest tematem żywym i aktualnym dla inżyniera sieciowca w każdym kraju, na całym świecie. Zagadnienie to jest szczególnie ważne w krajach o słabej elektryfikacji i silnej tendencji zwiększania jej tempa, jak obecnie w Polsce.

Racjonalne rozwiązanie zagadnienia wyboru napięcia sieci rozdzielczych napotyka na wielkie trudności w krajach o gospodarce kapitalistycznej, nawet przy wysokim rozwoju elektryfikacji kraju, z uwagi na istniejące urządzenia i sprzeczne interesy właścicieli poszczególnych przedsiębiorstw. Duże, a często także decydujące znaczenie miało i ma nastawienie przemysłu w danym kraju.

Rozwój sieci rozdzielczych w innych krajach pozwala stwierdzić, że poza nieznacznymi wyjątkami jak Belgia, Holandia, Anglia i in. zagadnienie elektryfikacji wsi i obszarów rolniczych wymaga specjalnego podejścia i rozwiązania, innego niż dla ośrodków miejskich.

W historycznym przebiegu elektryfikacja miast wyprzedzała elektryfikację wsi, elektryfikacja ośrodków przemysłowych wyprzedzała o wiele lat elektryfikację rolnictwa. Następstwem tego stanu rzeczy była elektryfikacja wsi na modłę elektryfikacji miast. Dopiero w ostatnich latach nastąpił znaczny i gwałtowny rozwój elektryfikacji wsi w takich krajach jak St. Zjednoczone, Kanada, N. Zelandia, ZSRR, który wykazał niezbicie, że racjonalna elektryfikacja wsi i okręgów wiejskich wymaga specjalnych rozważań i metod wykonania, że popełnia się błędy, jeśli się ją utożsamia z elektryfikacją przemysłu i miast.

Prawda, dla elektrowni i sieci przesyłowych jest bez znaczenia, czy energia jest zużyta w mieście, czy na wsi, w przemyśle czy w rolnictwie. Rozróżnienie to ma jednak decydujące znaczenie dla sieci rozdzielczych w ogóle, a wiejskich w szczególności.

W Polsce zagadnienie elektryfikacji wsi zyskało na aktualności z dwóch zasadniczych przyczyn:

a) elektryfikacja wsi znalazła pełne zrozumienie i właściwe miejsce w programie rządu, czego wyrazem jest duża pozycja w planie 3-letnim i przewidywane jeszcze szybsze tempo elektryfikacji w przyszłości;

b) całość gospodarki narodowej ujęta jest w ramy jednolitego planu państwowego; fakt ten daje niespotykane dotychczas możliwości racjonalnego ujęcia całokształtu zagadnienia elektryfikacji wsi.

Nie bez znaczenia jest również to, że przemysł elektrotechniczny rozwija się dopiero i ma łatwość dostosowania się do potrzeb i wymagań energetyki.

Wymienione okoliczności sprawiają, że wybór napięcia sieci rozdzielczych w naszych warunkach jest stosunkowo swobodny i nie powinien być krępowany względami przeszłości.

Punktem wyjścia do rozważań będzie określenie wymagań i zadań, stawianych sieciom rozdzielczym. Zasadnicze wymagania są dwa: 1) elastyczność sieci i 2) możliwie niskie koszty budowy i eksploatacji.

Łącznie z nimi należy rozpatrzyć zagadnienie normalizacji elementów i budowy sieci rozdzielczych.

Zadanie, które się stawia, jest jasno określone: dostarczyć wsi i rolnictwu energii elektrycznej w możliwie niedługim czasie w sposób najbardziej racjonalny, w ilości odpowiadającej potrzebom wsi i rolnictwa zgodnie z ogólnymi założeniami polityki gospodarczej i ogólnopaństwowej rządu. Każda gmina, każda gromada i wieś winny mieć możność korzystania z dobrodziejstw energii elektrycznej i to jak najszybciej, bez nieuzasadnionej zwłoki.

We wszystkich rozważaniach należy ponadto pamiętać o uwzględnieniu tendencji rozwojowych zarówno w dziedzinie zagadnień technicznych, jak i strukturalnych stosunków ludnościowych.

*) Zadaniem pracy niniejszej nie było wyczerpanie tematu w zakresie ściśle teoretycznych rozważań i studiów, które niekiedy zawodzą z powodu zbyt wielu zmiennych i skomplikowanych zależności. Praca opiera się na osobistym doświadczeniu autora oraz na praktycznym zapoznaniu się z realnymi zagadnieniami i osiągnięciami zagranicą oraz z niezbyt bogatą literaturą w tej dziedzinie. Autorowi chodziło o właściwe naświetlenie tematu celem wyeliminowania mylnych pojęć i błędnych wniosków, formułowanych w tej sprawie. Chodziło jednocześnie o koncepcyjne postawienie aktualnego i poważnego zagadnienia.

Aktualność zagadnienia sprawia, że dużo się o nim dyskutuje wśród fachowców i zainteresowanych. Wypowiedzi te cechuje bądź fragmentaryczność ujęcia, bądź wysuwanie wniosków logicznych, lecz opartych na niesłusznych założeniach, co w rezultacie daje pomieszanie pojęć i wiele „logicznych", ale błędnych wniosków w tej sprawie.

Niewątpliwe piętno na tok rozumowania wywierają niski procentowo stan elektryfikacji wsi w kraju i jej dotychczasowy stan techniczny, a więc brak wyczucia proporcji, oraz niedostateczna lub zgoła powierzchowna znajomość tego zagadnienia w kraju, jak i tendencji rozwojowych zagranicą. Wybór napięć rozdzielczych i przesyłowych 6 i 30 kV w okresie po roku 1930 miał swoje logiczne i rzeczowe uzasadnienia w warunkach technicznych i ogólnokrajowych.

Byłoby jednak błędem opierać się dzisiaj na założeniach i wnioskach sprzed lat 20 lub sugerować się nimi w planowaniu elektryfikacji na następne 20—30 lat. Opieranie się zaś na doświadczeniu i tendencjach zagranicznych musi być ostrożne i świadome, tzn. poprzedzone gruntowną, a nie powierzchowną analizą porównawczą rozwoju i warunków elektryfikacji wsi w danym kraju i u nas.

Wzorowanie się dzisiaj na wynikach w Holandii, Anglii czy nawet w sąsiedniej Czechosłowacji (elektryfikacja Moraw) byłoby niebezpiecznym i kosztownym błędem chociażby z tego powodu, że tam elektryfikacja narastała stopniowo, bezplanowo i była b. kosztowna, a my chcemy przeprowadzić ją szybko, planowo i tanio. Podobne zadania i warunki do naszych obecnych istnieją częściowo w ZSRR, w Słowacji, w Stanach Zjednoczonych Ameryki przed wojną, w pewnych rolniczych okręgach W. Brytanii itp. Analogia ze Stanami Zjednoczonymi jest dlatego daleko idąca, że ówczesny rząd prezydenta Roosevelta postawił to zagadnienie w formie planowej akcji rządu federalnego i stworzył osobną instytucję, coś w rodzaju GBEW w Polsce. Są to bodaj dwie jedyne tego rodzaju instytucje na świecie. Obecny stan elektryfikacji wsi w Polsce i zamierzone tempo realizacji są analogiczne do ówczesnych w Stanach Zjednoczonych. Mimo tej zasadniczej analogii należy i tu być bardzo ostrożnym, gdyż pozostałe warunki i okoliczności są zgoła odmienne od naszych*).

Musimy zatem na podstawie gruntownej i wszechstronnej znajomości tego zagadnienia w kraju i zagranicą wypracować własne podejście i znaleźć własny sposób realizacji elektryfikacji wsi i rolnictwa, odpowiadający naszym warunkom i tendencjom rozwojowym.

Należy jednak jak najwyraźniej zaznaczyć, że elektryfikacja wsi jest problemem odrębnym, którego nie da się zadawalająco rozwiązać na marginesie elektryfikacji kraju i że napięcie sieci rozdzielczych wiejskich nie powinno być tylko funkcją napięć sieci przesyłowych i okręgowych, lecz podyktowane przede wszystkim warunkami elektryfikacji wsi i rolnictwa; świadczy o tym dobitnie długość sieci wiejskich i ich koszt, wynoszący ok. 50% kosztów całej sieci energetycznej w kraju.

## 2. Przewidywane obciążenie sieci wiejskich.

Inżynier, przystępujący do projektowania sieci do zasilania okręgów wiejskich, natrafia w naszych warunkach odrazu na poważne trudności z braku danych statystycznych, określających zużycie odbiorców wiejskich.

Z konieczności sięgamy do danych zagranicznych, wynikających przeważnie z zupełnie odmiennych warunków gospodarczych i demograficznych, a często również nieaktualnych. Nieodpowiednie założenie prowadzi w dalszej konsekwencji do błędnych wyników.

Dodatkowym utrudnieniem dla projektującego w naszych warunkach jest fakt, że znajdujemy się w okresie zasadniczych przemian struktury gospodarczej państwa — z rolniczo-przemysłowej na przemysłowo-rolniczą, co spowoduje wzmożenie urbanizacji i odpływ bezrolnej lub małorolnej ludności wiejskiej do miast i ośrodków przemysłowych.

Równocześnie z tymi procesami przebiega akcja mechanizacji i elektryfikacji rolnictwa.

Wzajemny stosunek mechanizacji (zastosowanie traktorów, silników spalinowych i parowych) i elektryfikacji rolnictwa zależeć będzie między innymi i od sposobu zaprojektowania sieci wiejskich; naszym zadaniem jest dążyć ku temu, aby wieś i rolnictwo były jak najbardziej zelektryfikowane. Elektryczny napęd na przykład jest nowocześniejszy od napędu mechanicznego, a poza tym jest tańszy, łatwiejszy do opanowania i bardziej uniwersalny.

Przemiany te muszą być uwzględnione w naszych rozważaniach tak, aby wykonane sieci rozdzielcze były zdolne pokryć wymagane zapotrzebowania mocy i energii elektrycznej ( których wielkości dziś dokładnie podać nie potrafimy) zarówno w przestrzeni, jak i w czasie.

Na podstawie dotychczasowego doświadczenia uważamy, że w okresie najbliższych 10 lat elektryfikacji można przyjąć następujące wskaźniki zużycia rocznego:

a) 25 — 30 kWh/ha ziemi ornej lub
b) 300 kWh na gospodarstwo.

Średniówki te pochodzą z różnych źródeł i nie są równoznaczne: pierwsza uwzględnia przede wszystkim zużycie w gospodarstwie rolnym, a więc może mieć zastosowanie w majątkach ziemskich i większych gospodarstwach chłopskich, druga zaś jest charakterystyczna raczej dla zagrody chłopskiej; jest ona mniej zależna od powierzchni ziemi uprawnej, gdyż przede wszystkim uwzględnia potrzeby domowe mieszkańców wsi. Założenia te nie uwzględniają stosowania parników i orki elektrycznej. Mniej więcej tyleż powinno wynosić w tym okresie czasu zużycie w młynach, browarach, w drobnym przemyśle i rzemiośle oraz w parnikach elektrycznych. Razem więc zużycie wypada ok. 5000 — 6000 kWh/km² powierzchni ornej obszarów zelektryfikowanych.

Sprawa wzajemnego stosunku zużycia energii przez wsi i miasta jest bardzo ważna dla właściwego zaprojektowania nie tylko sieci rozdzielczych wiejskich, lecz i konfiguracji linii przesyłowych oraz rozlokowania stacji transformatorowych zasilających.

Tabl. I przedstawia stosunek ludności wiejskiej do miejskiej w poszczególnych województwach. W tabeli tej, sporządzonej na podstawie rocznika statystycznego z r. 1947, podano również ludność miast poniżej 7 500 mieszkańców. Z cyfr tych wynika, że dużą przewagę ludności rolniczej wiejskiej nad miejską w miastach poniżej 7 500 mieszk. (stosunek od 10.65 do 20,25) mamy w okręgach wybitnie rolniczych, lecz równocześnie najmniej zelektryfikowanych, jak w białostockim, warszawskim, lubelskim, rzeszowskim, krakowskim, radomsko-kieleckim, łódzkim i poznańskim.

Uwzględniając wspomnianą urbanizację i uprzemysłowienie kraju przyjmujemy, że stosunek ludności wiejskiej do miejskiej zmniejszy się w okresie 20—30 lat do połowy podanych w tabl. I liczb, a więc do 6 wzgl. 10.

Dane powyższe są potrzebne do dalszego rozumowania i wykazania, że stosunek zużycia odbiorców wiejskich i miejskich nie może być wyprowadzony ze średniówek ogólnokrajowych i że dla ustalenia właściwego napięcia dla tego rodzaju okręgów muszą być wyeliminowane wszystkie duże miasta i okręgi przemysłowe.

Dla przykładu, ilustrującego stosunek zużycia wsi i miast, podajemy, że na terenach Dolnego Śląska, zbliżonych do przyszłej struktury naszych elektryfikowanych rejonów wiejskich, zużycie energii elektrycznej wynosiło w r. 1938 w mieście 70 kWh na mieszkańca,
a na wsi 45 „ „
Z tego samego źródła wynika, że przewidywano na rok 1965
180 kWh na mieszkańca w mieście
i 150 „ „ „ na wsi.

Uwzględniając w naszym modelu gospodarczym znaczniejszy wzrost drobnego przemysłu w mieście oraz powstanie ośrodków maszynowych, spółdzielni przetwórczych itp., podwyższamy zużycie na mieszkańca miasta nawet do 250 kWh/rok (miarodajny jest w tym przypadku stosunek zużycia, a nie wartości bezwzględne).

Wyniki obliczeń, oparte na powyższych założeniach, zawarte są w tabl. II, z której okazuje się, że zużycie ludności wiejskiej w naszych warunkach będzie kilkakrotnie wyższe niż zużycie w miastach, zasilanych z tej samej sieci, np. w lubelskim i kieleckim stosunek będzie 6 : 1, a przy obecnej strukturze ludnościowej byłby 12 : 1. Okoliczność ta jest miarodajna przy wyborze napięcia i przekrojów sieci dla elektryfikacji wsi i okręgów rolniczych.

*) Por. PE, 1947, z. 1/2, str. 33.

Jak zaznaczono na wstępie, traktowanie elektryfikacji wsi na modłę elektryfikacji dużych ośrodków miejskich i przemysłowych, bez uwzględnienia przytoczonych powyżej okoliczności i założeń, może doprowadzić mimo poprawnego teorytycznego opracowania do wręcz fałszywych wyników.

W artykule inżynierów T. Kahla i Cz. Mejry (PE, 1948, z. 4/5, str. 117—125) przyjęto do rozważań pewien model sieci i założono roczne zużycie energii elektrycznej dla miast i wsi:

w miastach A (15 000 mieszk.) od 250—1 000 kWh/mieszk.
„ B i C (7 000 mieszk.) od 150— 600 kWh/mieszk.
we wsiach od 0 do 4 000 kWh/km².

Przy tych założeniach zużycie wzrasta od 4 000 kWh/km² i rok do 20 000 kWh/km² i rok w końcowej fazie. Wynikałoby więc z tego, że ze spożycia 20 000 kWh/km² przypada 4 000 kWh na użytkowników wiejskich i 16 000 kWh na miejskich odbiorców energii, a więc stosunek zużycia wsi do zużycia miasta ma się jak 1 : 4. Stosunek ten może być słuszny w odniesieniu do całego obszaru państwa łącznie z wielkimi miastami i ośrodkami przemysłowymi, może być podstawą do projektowania sieci państwowej, lecz w żadnym wypadku nie może być przyjęty do rozważań nad sieciami rozdzielczymi w zastosowaniu do elektryfikacji wsi i terenów rolniczych.

Tablica I. Stosunek ludności wiejskiej do miejskiej w Polsce

| Województwo | Ludność ogólnie w tys. | Ludność miejska w tys. | Ludność miejska w miastach powyżej 10000 m. w tys. | Ludność miejska w miastach poniżej 10000 m. w tys. | Ludność wiejska w tys. | Stosunek ludności wiejsk. do miejsk. w miastach poniżej 10 000 m. | Powierzchnia w tys. km² | Ludność wiejska na 1 km² | Ludność miejska w miastach powyżej 7500 m. w tys. | Ludność miejska poniżej 7500 m. w tys. | Stosunek ludności wiejsk. do miejsk. w miastach poniżej 7500 m. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Białostockie (Z. D.) | 881,1 | 160,2 | 84,2 | 76,0 | 720,9 | 9,49 | 20,0 | 36,0 | 92,54 | 67,66 | 10,65 |
| 2. Gdańskie (Z. D.) | 805,0 | 459,1 | 272,06 | 187,04 | 345,9 | 1,85 | 7,5 | 46,1 | 279,88 | 179,21 | 1,93 |
| 3. Kieleckie | 1717,3 | 364,0 | 284,89 | 79,10 | 1353,3 | 17,10 | 18,1 | 74,8 | 293,26 | 70,74 | 19,14 |
| 4. Krakowskie | 2133,4 | 579,8 | 428,57 | 151,23 | 1553,6 | 10,27 | 15,9 | 97,8 | 452,82 | 126,98 | 12,25 |
| 5. Lubelskie | 1889,7 | 304,4 | 206,75 | 97,65 | 1585,3 | 16,24 | 27,8 | 57,0 | 226,04 | 78,36 | 20,25 |
| 6. Łódzkie | 1772,4 | 364,3 | 236,53 | 127,77 | 1408,1 | 11,02 | 20,2 | 69,6 | 254,68 | 109,62 | 12,85 |
| 7. Olsztyńskie (Z. O.) | 351,8 | 96,0 | 29,05 | 66,95 | 255,8 | 3,82 | 19,3 | 13,2 | 29.05 | 66,95 | 3,82 |
| 8. Pomorskie | 1406,5 | 540.3 | 368,94 | 171,35 | 866,2 | 5,06 | 20,0 | 43,3 | 412,24 | 128,06 | 6,77 |
| 9. Poznańskie (Z. D.) | 2149,1 | 780,2 | 455,56 | 324,64 | 1368,9 | 4,22 | 28,1 | 48,7 | 543,44 | 236,76 | 5,77 |
| 10. Rzeszowskie | 1535,4 | 240,4 | 110,67 | 129,72 | 1295,0 | 10,00 | 18,2 | 71,5 | 146,54 | 93,86 | 13,80 |
| 11. Szczecińskie (Z. O.) | 892,6 | 307,6 | 148.63 | 158,96 | 585,0 | 3,68 | 30,3 | 19,6 | 166,21 | 141,39 | 4,14 |
| 12. Śląskie (Z. D.) | 1623,5 | 700,8 | 676,16 | 31,64 | 915,7 | 28,90 | 5,7 | 160,7 | 685,89 | 21,91 | 41 78 |
| 13. Warszawskie | 2114,4 | 360,6 | 192,03 | 168,57 | 1753,8 | 10,41 | 29,0 | 60,5 | 232,67 | 127,93 | 13,72 |
| 14. Wrocławskie (Z. O.) | 1941,1 | 732,6 | 484,45 | 248,15 | 1208,5 | 4,86 | 24,7 | 48,9 | 527,78 | 204,82 | 5,90 |

### 3. Elastyczność sieci.

Zadanie postawione przez rząd jest jasne: pełna elektryfikacja wsi. Przez pełną elektryfikację wsi energetycy rozumieją, że każda gmina, gromada, czy zagroda i każdy warsztat pracy będą miały możność pobierania z sieci energii elektrycznej w ilości odpowiedniej do potrzeb rolnictwa, drobnego przemysłu i rzemiosła zgodnie z ogólnymi założeniami polityki gospodarczej.

Z powyższego założenia wynika drugie kardynalne zadanie projektującego inżyniera: stworzenie sieci dostosowanej w czasie i przestrzeni do różnorodnych potrzeb terenu. Sieć musi być, że ją tak nazwiemy, elastyczna, by zapewnić łatwość opanowania warunków obciążenia i zastosowania przy budowie tych materiałów, które okażą się najwłaściwsze z punktu widzenia ogólnej polityki gospodarczej państwa.

Elastyczność sieci winna zatem zapewnić:

a) łatwość przenoszenia większych mocy np. do fabryki lub odosobnionego miasteczka, leżącego na uboczu od linii okręgowej 30—60 kV, lub mniejszych mocy na większe odległości niż przeciętnie spotykane (napięcie 6 kV napotyka tu na poważne trudności);

b) łatwe i ekonomiczne zasilanie obiektów małej mocy np. 50 kVA, a często nawet 10, 20 kVA lub też obiektów odosobnionych (trudności dla napięcia 30 kV);

c) łatwe przystosowanie się do materiałów, dostępnych na rynku, a więc pewna niezależność od przewodności materiału.

Elastyczność danej sieci jest funkcją czterech zasadniczych i dobrze znanych parametrów:
$U$ — napięcie sieci,
$n$ — liczba linii wychodzących z punktu zasilania,
$s$ — przekrój przewodów,
$\gamma$ — przewodność właściwa, a więc rodzaj materiału przewodowego.

Praktyka udowodniła, że zarówno z punktu widzenia kosztów inwestycyjnych, jak i eksploatacyjnych należy dążyć w sieciach wiejskich do stosowania małych przekrojów 16—25 mm² i to nawet niezależnie od materiału: Cu, Fe, St.—Al; lub aldrej (czyste aluminium nie powinno wchodzić w rachubę przy wysokim napięciu). Przekrój zatem możemy z rozważań wyeliminować.

Tablica II. Stosunek zużycia energii na wsi i w miastach

| Województwo | Stosunek ludności wiejskiej do miejskiej w miastach poniżej 7 500 mieszkańców | | Przypuszczalny stosunek zużycia energii na wsi do zużycia w miastach według stanu ludnościowego | |
|---|---|---|---|---|
| | obecnie | w 1970 r. | obecnie | w 1970 r. |
| Lubelskie | 20,25 | 10 | 12 | 6,0 |
| Kieleckie | 19,14 | 10 | 11,5 | 6,0 |
| Rzeszowskie | 13,80 | 7 | 8,3 | 4,2 |
| Warszawskie | 13,72 | 7 | 8,2 | 4,2 |
| Łódzkie | 12,85 | 7 | 8,3 | 4,2 |
| Krakowskie | 12,25 | 6 | 7,3 | 3,6 |
| Białostockie (Z.D.) | 10,65 | 6 | 6,5 | 3,6 |
| Pomorskie | 6,77 | 6 | 4,0 | 3,6 |
| Poznańskie (Z.D.) | 5,77 | 6 | 3,5 | 3,6 |

Wybór materiału przewodowego jest w naszych warunkach podyktowany raczej względami gospodarki ogólnopaństwowej i wymiany międzynarodowej i inżynier musi się do tego dostosować. Mamy więc praktycznie do wyboru dwa rodzaje przewodów: stalowo-aluminiowy i jemu podobne (aldrej) oraz żelazny. Należy tu zanotować, że przewagę ma napięcie, umożliwiające stosowanie żelaza w szerszym zakresie, z uwagi na znacznie niższe koszty budowy.

Z przytoczonych wyżej parametrów pozostały nam tylko dwa: $U$ i $n$. Nie ulega najmniejszej wątpliwości, że parametr $U$ jest najistotniejszy i wywiera zasadnicze piętno na charakter i użyteczność sieci, lecz również wymyka się nam z rąk: z chwilą jego wyboru już się nie da zmienić.

Z czterech parametrów pozostał nam praktycznie tylko jeden $n$ do wykorzystania w czasie eksploatacji; stąd wynika wniosek, że w początkowej fazie elektry-

fikacji liczba linii $n$ winna być możliwie najmniejsza i zwiększać się stopniowo w miarę wzrostu obciążenia.

Musimy jeszcze pamiętać, że o elastyczności sieci decydują również inne czynniki, dotąd niedostatecznie rozważane lub mało znane:

1) łatwość zwiększenia zdolności przesyłowej istniejącej sieci,

2) system sieci: trzy i jednofazowy,

3) sposób budowy sieci niskiego napięcia,

4) narastanie kosztów inwestycyjnych w miarę wzrostu obciążenia i rentowności sieci (liczba linii $n$, regulacja napięcia, stacje transformatorowe, koszty eksploatacyjne).

Dla porządku podamy krótkie wyjaśnienia do powyższych punktów.

1) Sieć 15 kV można budować o promieniu zasilania 20—30 km, a nawet 35 km, a więc odległość punktów zasilających tę sieć byłaby 40—70 km. W zależności od wzrostu obciążenia i materiału przewodowego (stal. — alum. czy Fe) należy w odpowiednim czasie stworzyć dodatkowy punkt zasilania, który zmniejszy odległość zasilania o ok. 50%, a więc zwiększy dwukrotnie zdolność przesyłową istniejącej sieci. Teoretycznie można to samo uczynić przy napięciu 6 kV. Praktycznie sprawa wygląda inaczej, jeśli zważymy, że w pierwszej fazie liczba punktów zasilających sieci 6-kilowoltowej musi być około 5 razy większa niż przy 15 kV przy tych samych przewodach i przekrojach.

2) Elektryfikacja jednofazowa, o czym mowa będzie dalej, nie daje korzyści przy napięciu 6 kV.

3) Sieci niskiego napięcia winny być wykonywane według ujednostajnionych norm i typów.

4) Warunkiem zdrowej gospodarki jest stopniowe narastanie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych w miarę wzrostu obciążenia i rentowności; ma to zasadnicze znaczenie szczególnie w kraju zniszczonym, kiedy to wszystkie inwestycje są b. ważne, zasadnicze i bardzo pilne i gdy stopa procentowa jest wysoka. Wzgląd ten jest mniej lub nawet mało ważny przy niedużym ruchu inwestycyjnym i niskiej stopie procentowej t. zn. 2—3%.

Stosując napięcie 15 kV zyskujemy bardzo dużo w porównaniu z 6 kV:

1) liczba linii ($n$) odchodzących z punktów zasilania może być — w myśl teoretycznych rozważań — mniejsza w pierwszej fazie rozwojowej;

2) potrzeba regulacji napięcia za pomocą transformatorów regulacyjnych lub innych sposobów występuje w znacznie późniejszym okresie eksploatacji;

3) koszt tej regulacji jest niższy, gdyż mniejsza jest liczba punktów zasilających;

4) w związku z powyższym niższe będą koszty eksploatacji;

5) narastanie kosztów inwestycyjnych jest szczególnie korzystne przy elektryfikacji jednofazowej, która jest znacznie korzystniejsza przy napięciu 15 kV niż przy 6 kV.

Niektórzy utrzymują, iż napięcie 30 kV jest najwłaściwsze z uwagi na możliwość stosowania w szerokim zakresie przewodów z linek stalowych. Jest to prawdopodobnie słuszne w początkowej fazie elektryfikacji wsi. Sieci wiejskie o tym napięciu zatracają jednak elastyczność przy pełniejszej elektryfikacji, gdy idzie również o zasilanie obiektów o mocy 50 kVA, a często 20—30 kVA oraz obiektów odosobnionych.

Mówiąc o elastyczności sieci musimy również pamiętać o sieciach niskiego napięcia. Stacje z 30 na 0,4 kV z uwagi na ich koszty (i moc około 100 kVA) wymagają rozleglejszych sieci niskiego napięcia. Często buduje się jedną stację na parę okolicznych wiosek i przysiółków. Fakt ten powoduje zróżniczkowanie przekrojów przewodów i komplikuje budowę linii niskiego napięcia i jeśli nie uniemożliwia, to bardzo utrudnia normalizację i ujednostajnienie elementów sieci oraz jej budowę. Fakt ten zwiększa ponadto asortyment elementów i ogólną wartość stanu magazynów oraz zwiększa koszty eksploatacji. Jest to wszystko sprzeczne z ogólną tendencją do zmniejszenia do minimum liczby stosowanych przekrojów przewodów. Utrudniona jest poza tym normalizacja stacji transformatorowych typu wiejskiego i, co może najważniejsze, występuje wtedy zahamowanie wzrostu obciążenia w danej sieci niskiego napięcia.

Najlepiej to widać na przykładzie wsi o zabudowie wydłużonej, tj. wsi rozciągniętej wzdłuż drogi na długości np. 4 km. W pierwszej fazie buduje się stację transformatorową w punkcie ciężkości obciążenia. Od stacji do końca wsi może być 2,5 do 3 km. Linie niskiego napięcia mają być typu jednostajnego bez względu na odległości i przewidywane obciążenie. Gdy obciążenie narasta i spadki napięcia są zbyt wielkie, można postawić drugą stację transformatorową niedaleko końca wsi. Tego rodzaju rozwiązanie jest łatwe przy 6 i 15 kV, lecz za kosztowne i technicznie niezalecone przy napięciu 30 kV. Nie bez znaczenia będzie również ilość sił technicznych, niezbędnych do wykonania według pierwszej czy drugiej alternatywy.

#### 4. Koszty budowy i eksploatacji.

Koszty budowy i eksploatacji nie są w chwili obecnej łatwe do uchwycenia. Różne sposoby wykonania i stopień wyposażenia np. stacji transformatorowej typu wiejskiego powodują, że ceny w tym samym okresie czasu różnią się nie o kilka procentów lecz np. 3 krotnie. Zrobiono szkicowy, lecz dość szczegółowy projekt elektryfikacji obszaru 1 000 km² w rejonie Lublina i N. Sącza oraz w Kieleckim w różnych alternatywach. Wykazują one, że w porównaniu z układem 30/15 kV koszty inwestycyjne w układzie 30/6 kV będą około 15% (a nawet i więcej) wyższe, jeśli w szerszym stopniu zastosować przewody żelazne zamiast stalowo-aluminiowych. Wykazują również, że analogiczne koszty elektryfikacji przy napięciu 30 kV będą wyższe o ok. 20% w porównaniu z 30/15 kV. Różnica ta prawdopodobnie wzrośnie po wprowadzeniu ujednostajnionych elementów budowy stacji transformatorowych i linii zarówno wysokiego, jak i niskiego napięcia.

Co do obniżenia kosztów budowy w ogóle należy stwierdzić, że największe możliwości pod tym względem dają:

a) stosowanie przewodów z linek stalowych, co jest możliwe w szerokim zakresie przy napięciu 15 i 30 kV,

b) elektryfikacja jednofazowa i

c) znormalizowanie elementów i budowy.

Stosowanie przewodów żelaznych ma swoich gorących zwolenników, lecz i przeciwników. Poważne są dwa zastrzeżenia — co do trwałości przewodów żelaznych i ich małej przewodności, powodującej znaczne straty energii elektrycznej. Przewody żelazne są wrażliwe na wpływy chemiczne, które w naszych warunkach występują b. rzadko, są ponadto bardzo podatne na rdzewienie i jeśli ocynkowanie nie jest staranne, przewód „rozsypuje się" już po kilku latach. Straty energii można znacznie opanować, budując główne linie z przewodów stalowo-aluminiowych. Widzimy zatem, że stosowanie przewodów żelaznych wymaga ostrożności i prawidłowej planowej elektryfikacji, ustalającej z góry linie o charakterze magistrali i linie boczne o mniejszym obciążeniu

Elektryfikację jednofazową stosuje się: a) na napięcie międzyprzewodowe, b) na napięcie międzyprzewodowe z jedną fazą uziemioną (Anglia), c) na napięcie międzyprzewodowe z wyzyskaniem ziemi jako przewodnika (ZSRR), d) na napięcie fazowe z uziemionym punktem zerowym (USA).

W tym ostatnim systemie można budować linie wysokiego i niskiego napięcia na wspólnych słupach ze wspólnym uziemionym punktem zerowym. Oszczędności w materiałach i robociźnie przy budowie urządzeń sieciowych tego systemu są rzędu 50% w porównaniu z elektryfikacją trójfazową.

System ze wspólnym przewodem zerowym daje nie tylko poważne oszczędności w inwestycjach, lecz dużą elastyczność tak co do kosztów budowy, jak i mocy przesyłowej. Można budować linie jednofazowe, dwu lub jednoprzewodowe, można mieć dwie fazy i zero i wreszcie trzy fazy, czyli trzykrotne zwiększenie początkowej zdolności przesyłowej. Przeprowadzając linie wzdłuż rozciągniętej wsi można budować wysokie i niskie napięcie na wspólnych słupach, prowadząc jedynie trzy przewody zamiast siedmiu czy pięciu. Transformator umieszcza się na normalnym słupie; zwiększenie obciążenia nie wymaga przebudowy sieci niskiego napięcia lecz jedynie dodatkowego transformatora, ustawionego 1 lub dwa kilometry dalej od istniejącego transformatora. Tym się również tłumaczy ograniczenie do dwóch liczby przekrojów przewodowych do budowy sieci rozdzielczej n. n.

Przyjęcie tego systemu upraszcza znacznie budowę, gdyż pozwala na wyeliminowanie słupów A-owych i obniża koszty budowy oraz przyśpiesza wykonanie. Ponadto łatwiej i szybciej można przeszkolić personel potrzebny do budowy i eksploatacji.

Zagadnienie elektryfikacji jednofazowej będzie jeszcze niejednokrotnie rozważane. Należy w tym miejscu zanany, że w swej ocenie nie jest odosobniony. Wręcz przeciwnie, całe społeczeństwo pragnie, aby to radosne osiągnięcie miało miejsce jak najszybciej.

Biorąc jednak pod uwagę ogromne wyniszczenie kraju i niespotykane w naszych dziejach tempo inwestycyjne, liczyć się należy z brakiem szeregu materiałów, potrzebnych do elektryfikacji wsi na tak dużą skalę.

Tablica III. Porównanie różnych napięć i systemów

| | Napięcie | | | Elektryfikacja jednofazowa na 15 kV lub 30 kV |
|---|---|---|---|---|
| | 6 kV | 15 kV | 30 kV | |
| **I. Elastyczność sieci** | | | | |
| 1. Łatwość przenoszenia większych mocy lub na większe odległości niż przeciętne dla danego napięcia i charakteru odbioru | ograniczona | duża | duża | zależy od sytuacji sieci |
| 2. Łatwe i ekonomiczne zasilanie obiektów: a) małej mocy | a) tak | a) tak | a) nie | a) b. łatwe i ekonomiczne |
| b) odosobnionych | b) często wymaga stacji na 30/6 kV | b) tak | b) nie | b) j. w. |
| 3. Zależność od przewodności materiału przewodów | duża | mała | praktycznie żadna | jak dla 15 lub 30 kV |
| 4. Łatwość zwiększania zdolności przesyłowej istniejącej sieci przez zwiększenie liczby punktów zasilania | kosztowna | duża | zbyteczna | duża |
| 5. Stosowanie systemu jednofazowego | nie daje korzyści | bardzo korzystne | korzystne | — |
| 6. Normalizacja sieci niskiego napięcia | ułatwiona | ułatwiona | utrudniona | najłatwiejsza |
| 7. Stopniowe narastanie kosztów inwestycyjnych w miarę wzrostu obciążenia | niekorzystne | bardzo racjonalne | wys. nap. korzystne, niskie nap. niekorzystne | najkorzystniejsze |
| **II. Koszty budowy i eksploatacji** | | | | |
| 1. Porównanie kosztów budowy | ok. 120% | 100% | ok. 120% i wyżej | nawet do 50% |
| 2. Obniżenie kosztów budowy przez: a) stosowanie przewodów żelaznych | nieznaczne | znaczne | duże | znaczne |
| b) elektryfikację jednofazową | nie daje korzyści | nawet do 50% | nawet do 50% | — |
| c) normalizację: α) wys. nap. | tylko okręgowa | powszechna | okręgowa | powszechna |
| β) nisk. nap. | znaczne | znaczne | normalizacja utrudniona | znakomicie |
| 3. Koszty eksploatacji | ok. 130% | 100% | ok. 130% | ok. 70% |
| 4. Warunki ruchowe | a) przy 30 kV i pełnej elektryfikacji będą bardzo skomplikowane i niepewne lub b. kosztowne; drogie zabezpieczenia wybiorcze i przeciwprzepięciowe, kompensacja prądów zwarcia itd. b) korzystne przy elektryfikacji jednofazowej. | | | |

notować, że podany wyżej system jest racjonalny przy napięciach międzyprzewodowych rzędu 15—20 kV, nawet 30 kV; stosowanie elektryfikacji jednofazowej na napięciu międzyprzewodowym lub na napięciu 6 kV da mniejsze korzyści.

### 5. Tempo elektryfikacji wsi.

Wysuwanie przez autora zagadnienia elektryfikacji jednofazowej łączy się ściśle z zasadniczym pytaniem: w jakim okresie czasu chcemy i postanawiamy przeprowadzić pełną elektryfikację wsi w Polsce?

Jak już powiedziano, przez pełną elektryfikację wsi z punktu widzenia energetyki rozumiemy taką sytuację, że każda gmina, gromada, czy zagroda i każdy warsztat pracy będą miały możność pobierania z sieci energii elektrycznej w ilości odpowiedniej do potrzeb rolnictwa, drobnego przemysłu i rzemiosła, zgodnie z ogólnymi założeniami polityki gospodarczej i ogólnopaństwowej rządu.

Autor jest zdania, iż pełną elektryfikację można osiągnąć w ciągu 15 lat licząc od roku 1945 i jest przekonany, że w swej ocenie nie jest odosobniony.

Z tych więc powodów zarysują się prawdopodobnie dwie alternatywy:

a) zmniejszyć tempo elektryfikacji wsi, a więc przedłużyć okres realizacji elektryfikacji wsi do 20—25 lat, lub

b) przeprowadzić elektryfikację „oszczędną" z zastosowaniem elektryfikacji jednofazowej w takim zakresie, aby „pełna" elektryfikacja wsi była zrealizowana w okresie lat 15 tj. do roku 1960.

Ponieważ, jak to zaznaczono poprzednio, nap. 6 kV jest za niskie dla elektryfikacji jednofazowej, więc rozważania nad wyborem napięcia sieci rozdzielczych do zelektryfikowania wsi winny być bardzo wnikliwe i wszechstronne, gdyż wybór ten wpływa pośrednio nawet na tempo realizacji elektryfikacji wsi.

### 6. Sprawa normalizacji elementów i budowy sieci.

Zdajemy sobie wszyscy sprawę, że nie może być mowy o racjonalnej budowie, skutecznej kontroli kosztów inwestycyjnych, a nade wszystko radykalnej*) obniżce ko-

*) Por. PE, 1947, z. 1/2, str. 33.

sztów budowy sieci i kosztów eksploatacji, bez normalizacji.

Aby dała ona pełne wyniki, musi być jedna dla całego kraju, a nie różna dla poszczególnych zjednoczeń energetycznych. Obciążenie wiejskie jest, praktycznie biorąc, wszędzie jednakowe z wyjątkiem obszarów zalesionych, i nie ma podstaw do różniczkowania napięć wiejskich. Duże miasta i trakcja zasilane będą z innych linii i sieci. Wspólną będzie sieć państwowa i ewent. okręgowa. Stąd jest tylko jeden wniosek: należy wybrać jedno napięcie, najlepsze dla całego kraju. Na to wybrane napięcie należy nastawić produkcję i budowę oraz eksploatację sieci wiejskich, a istniejące sieci o innych napięciach jedynie tolerować z konieczności do pewnego czasu.

Duże ułatwienie w normalizacji elementów i budowy stwarzają znowelizowane przepisy na linie napowietrzne i przyłącza, które dają duże możliwości nowych i ekonomiczniejszych opracowań zarówno elementów sieci, jak i typu linii.

**7. Zakończenie.**

Zasadnicze punkty niniejszego artykułu oraz wyniki porównawcze zastosowania różnych napięć i systemu jednofazowego ujęte zostały w tablicy III.

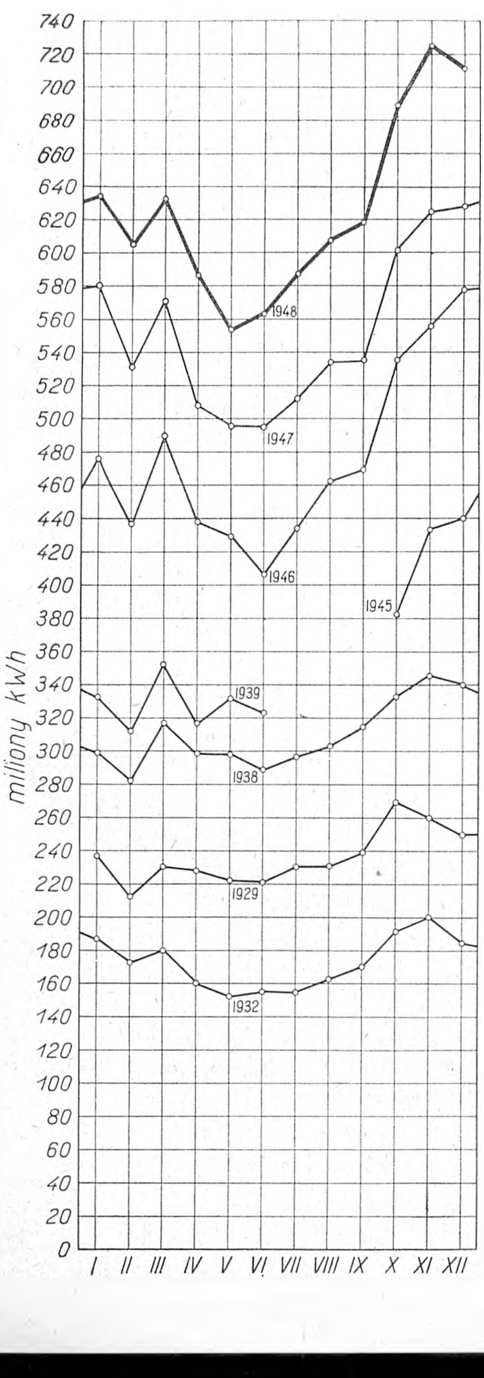
W świetle przeprowadzonych rozważań napięcie 15 kV stanowi przysłowiowy złoty środek między 6 i 30 kV i uwzględnia ogólne tendencje rozwojowe wyboru napięcia raczej „za wysokiego" aniżeli „za niskiego".

Pewną pomocniczą ilustracją może być sprawa wyboru napięcia sieci rozdzielczych niskiego napięcia w Ameryce Płn., gdzie stosowane jest powszechnie napięcie 127/220 V; okazało się ono obecnie zbyt niskie, bardzo kosztowne i bardzo kłopotliwe. Podobna była sytuacja w wielu krajach europejskich, a także i u nas w Warszawie. Tu przejście na napięcie 220/380 kV zdecydowano przed wojną. Było ono stosunkowo nietrudne z uwagi na słabe nasilenie elektryfikacji w Warszawie i niewielką liczbę odbiorników i urządzeń technicznych do wymiany.

Jeśli idzie o napięcie rozdzielcze sieci w y s o k i e g o napięcia, należałoby dodać, iż z punktu widzenia ogólnych rozważań (znowu należy powtórzyć — opartych na praktycznych realnych wynikach) napięcie 15 kV mogłoby być podwyższone do 20 kV *), a przy zastosowaniu elektryfikacji jednofazowej z uziemionym przewodem zerowym nawet do 30 kV lub też do 15 kV względem ziemi.

Napięcie 20 kV nie jest jednak u nas stosowane na większą skalę i nie należy do znormalizowanych w ujęciu międzynarodowych przepisów. Należałoby więc zatrzymać się na napięciu 15 kV, tym bardziej że znaczne połacie kraju**) zelektryfikowane są już na tym napięciu.

*) Por. PE, 1947, z. 1/2, str. 33.
**) PE, 1948, z. 4/5, mapka między str. 114 i 115.




CENTRALNY ZARZĄD ENERGETYKI

## STATYSTYKA ELEKTRYCZNA

Elektrownie o mocy zainstal. ponad 1 MW (ok. 97% całkowitej wytwórczości)

**Rok 1948**

| Miesiące | | Grudzień | Cały 1948 rok |
|---|---|---|---|
| **Razem I + II** | | | |
| Liczba zakładów | | 235 | |
| Moc zainstalowana | MW | 2 456,2 | |
| „ osiągalna | „ | 1 793,4 | |
| „ rozporządzalna | „ | 1 562,1 | |
| Obciążenie szczytowe | „ | 1 533 | |
| Wytwórczość | MWh | 711 078 | 7 514 435 (100%) |
| Wzrost wytwórczości w stosunku do tego samego okresu w 1947 r. | % | + 12,4 | + 12,5 |
| Liczba pracowników w elektrowniach (wytwórniach) | | 19 237 | |
| **I. Elektrownie zawodowe** | | | |
| Liczba zakładów | | 95 | |
| Moc zainstalowana | MW | 1 297,4 | |
| „ osiągalna | „ | 1 036,6 | |
| „ rozporządzalna | „ | 931,3 | |
| Obciażenie szczytowe | „ | 948 | |
| Wytwórczość | MWh | 428 564 | 4 445 905 (59,2%) |
| Wzrost wytwórczości w stosunku do tego samego okresu w 1947 r. | % | + 12,3 | + 11,3 |
| Liczba pracowników w elektrowniach (wytwórniach) | | 12 041 | |
| **II. Elektrownie niezawodowe** | | | |
| Liczba zakładów | | 140 | |
| Moc zainstalowana | MW | 1 158,8 | |
| „ osiągalna | „ | 756,8 | |
| „ rozporządzalna | „ | 630,8 | |
| Obciażenie szczytowe | „ | 585 | |
| Wytwórczość | MWh | 282 514 | 3 068 530 (40,8%) |
| Wzrost wytwórczości w stosunku do tego samego okresu w 1947 r. | % | + 12,5 | + 14,4 |
| Liczba pracowników w elektrowniach (wytwórniach) | | 7 196 | |
| Podział wytwórczości elektrowni niezawodowych | | | |
| Kopalnie węgla | MWh | 146 073 | 1 557 019(20 7%) |
| Huty | „ | 26 328 | 286 492 (3,8%) |
| Fabryki chemiczne | „ | 46 570 | 491 639 (6,5%) |
| „ włókiennicze | „ | 24 861 | 260 467 (3,5%) |
| Cukrownie | „ | 8 185 | 86 089 (1,1%) |
| Papiernie | „ | 15 788 | 189 830 (2 5%) |
| Cementownie | „ | 9 586 | 145 765 (2.0%) |
| Inne zakłady przemysłowe | „ | 5 123 | 51 229 (0,7%) |

## OBJAŚNIENIA DO STATYSTYKI ELEKTRYCZNEJ

(ob. na str. 27)

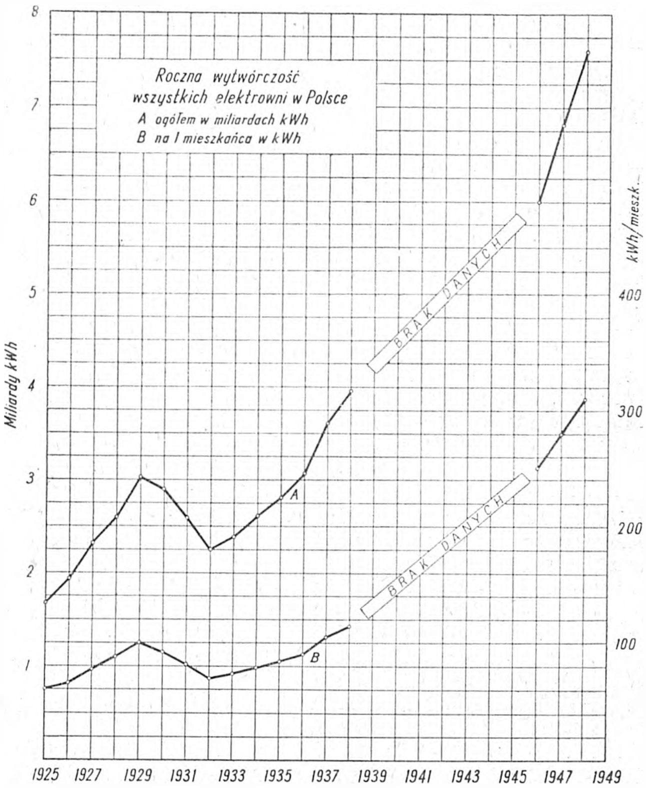
**Mocą zainstalowaną elektrowni** jest suma mocy zainstalowanych wszystkich turbozespołów i innych zespołów prądotwórczych z wyjątkiem tych, które nie nadają się do kapitalnego remontu lub odbudowy, przy czym przez moc zainstalowaną turbozespołu należy rozumieć moc maksymalną, którą dany turbozespół zdolny był wytwarzać w sposób ciągły w chwili oddania go do eksploatacji i w warunkach pracy, dla których był przewidziany.

**Mocą osiągalną elektrowni** jest moc osiągalna tego zespołu urządzeń podobnych (np. maszynowni, kotłowni), który w łańcuchu procesu przetwórczego stanowi najwęższy przekrój, przy czym mocą osiągalną maszynowni (czy kotłowni) jest suma mocy osiągalnych wszystkich turbozespołów i innych zespołów prądotwórczych (czy kotłów) z wyjątkiem tych, które nie nadają się do kapitalnego remontu lub odbudowy, a przez moc osiągalną turbozespołu (czy kotła) należy rozumieć moc maksymalną, którą dany turbozespół (czy kocioł) zdolny jest osiągnąć w sposób ciągły w przeciętnych warunkach eksploatacyjnych, jak stwierdzono przy ostatnim zaprotokółowanym pomiarze technicznym urządzenia.

**Mocą rozporządzalną elektrowni** jest moc rozporządzalna tego zespołu urządzeń podobnych (np. maszynowni, kotłowni), który w łańcuchu procesu przetwórczego stanowi najwęższy przekrój, przy czym przez moc rozporządzalną maszynowni (czy kotłowni) należy rozumieć sumę mocy osiągalnych zespołów prądotwórczych (czy kotłów) czynnych i nieczynnych, lecz gotowych w każdej chwili do pracy.

Uwaga. W statystyce podano najwyższe liczby mocy (zainstalowanej, osiągalnej lub rozporządzalnej), występujące w danym miesiącu.

Jako **szczytowe obciążenie** przyjęto najwyższe 15-minutowe obciążenie, występujące w miesiącu sprawozdawczym i stwierdzone na podstawie wskazań aparatów samopiszących lub odczytów liczników na generatorach.




Przebieg wytwórczości energii elektrycznej w Polsce od 1925 r.

# PRZEGLĄD CZASOPISM

## NIEBEZPIECZEŃSTWO DŁUGOTRWAŁYCH PRĄDÓW PRZY PIORUNACH DLA ODGROMNIKÓW O ZMIENNEJ OPORNOŚCI

St. Szpor. Sollicitation des parafoudres à résistances variables par les courants de foudre de longue durée. (Bulletin de l'Association Suisse des Électriciens, 1943, str. 15)

Nowsze rejestracje prądu pioruna (w szczególności na Empire State Building w Nowym Jorku) wskazują, że obok wielkich prądów udarowych występują często prądy długotrwałe o znacznie niższych wartościach. Prądy długotrwałe są na przykład rzędu kilkudziesięciu lub kilkuset amperów i występują nawet w ciągu dziesiątych części sekundy, podczas gdy prądy udarowe osiągają często dziesiątki kiloamperów, a niekiedy przekraczają nawet 100 kA, ale ograniczają się do krótkich czasów, najczęściej rzędu kilkudziesięciu mikrosekund. Często zdarza się, że większa część ładunku pioruna pochodzi od prądu długotrwałego, zwłaszcza przy większych wartościach ładunku, rzędu kilkudziesięciu kulombów, a nawet powyżej 100 C.

Dlatego prąd długotrwały przedstawia znaczne niebezpieczeństwo dla odgromników o zmiennej oporności, mianowicie niebezpieczeństwo nadmiernego nagrzania. Nowoczesne odgromniki są dostosowane do wielkich prądów udarowych. Przy małych prądach długotrwałych natomiast zmienna oporność sprzyja wydzielaniu stosunkowo wielkiej energii. Obliczenia przybliżone wskazują, że nawet najmocniejsze odgromniki obecne posiadają pojemność cieplną niedostateczną dla większych ładunków pioruna i że można liczyć na prawidłowe odprowadzanie ładunków najwyżej rzędu kilku kulombów. Bezpośrednich prób laboratoryjnych obciążalności cieplnej przy prądach długotrwałych nie ma jeszcze w obecnych przepisach.

Niebezpieczeństwo prądu długotrwałego dla odgromników o zmiennej oporności jest najczęściej łagodzone wybitnie przez odgałęzianie prądu do ziemi poza odgromnikiem. Poważny udział w odprowadzaniu prądu długotrwałego mają często transformatory. Ponieważ chodzi tutaj o zmiany prądu stosunkowo powolne, indukcyjność uzwojeń nie jest zbyt wielką przeszkodą. Współpracę odgromnika z transformatorem można więc streścić w ten sposób, że odgromnik zabezpiecza transformator od przepięcia związanego z prądem udarowym, a transformator odciąża odgromnik od prądu długotrwałego. Oczywiście, przejście prądu przez transformator do ziemi jest możliwe tylko w przypadku uziemionego punktu zerowego. Szczególnie korzystnie przedstawiają się warunki przy bezpośrednim uziemieniu punktu zerowego. Obliczenia przybliżone prowadzą do wniosku, że nawet mniejsze transformatory rozdzielcze łagodzą po stronie z uziemionym punktem zerowym obciążenie odgromników prądami długotrwałymi w sposób radykalny. Przypadek dławika Petersena jest mniej korzystny, ale odciążenie odgromników wypada jeszcze przeważnie dość skuteczne. Wzory przybliżone, wyprowadzone przy pominięciu wpływu nasycenia w rdzeniu, pozwalają na grubszą ocenę warunków. Nasycenie poprawia skuteczność mniejszych dławików.

Znacznie ostrzejsze warunki pracy odgromników występują w sieciach z izolowanym punktem zerowym. Pożądanym zjawiskiem jest tutaj rozkład prądu długotrwałego między więcej odgromników w tej samej fazie lub nawet w różnych fazach. Rozważania nad współpracą odgromników w tej samej fazie wskazują, że nawet znaczne odległości między odgromnikami, rzędu kilkudziesięciu kilometrów, nie wyłączają skutecznego odciążenia odgromnika, umieszczonego najbliżej miejsca uderzenia pioruna, jeżeli napięcie zapłonu odgromników jest niezbyt wysokie w porównaniu ze spadkiem napięcia na słupie oporowym i jeżeli nachylenie charakterystyki spadku napięcia w funkcji prądu jest wybitne. Przy mniejszej odległości między odgromnikami warunki przedstawiają się korzystniej. Współpraca odgromników w różnych fazach jest potwierdzona przez rejestrację prądów pręcikami magnetycznymi. Częściowe przejście prądu z fazy uderzonej do innych faz jest możliwe na przykład w uzwojeniach transformatorów. Kolejne zapłony odgromników i zmieniający się rozkład prądu zależą w znacznym stopniu od napięć roboczych. Również charakterystyki odgromników odgrywają tutaj poważną rolę; pożądane są podobne własności, jak dla dobrej współpracy odgromni-

ków w tej samej fazie. Dochodzi się też do wniosku, że rozkład prądu między poszczególne odgromniki tej samej fazy lub różnych faz jest lepszy przy jednakowych charakterystykach odgromników.

Często zawdzięczamy radykalne odciążenie odgromnika przeskokowi na izolatorze, zwykle na izolatorze liniowym koło miejsca uderzenia pioruna. Na takie odciążenie nie można jednak liczyć w przypadku uderzenia w bezpośrednim sąsiedztwie odgromnika. Również ulot z przewodów linii łagodzi obciążenie długotrwałe odgromnika tylko w niektórych przypadkach, raczej przy wyższych napięciach znamionowych od 30 kV.

# Konferencja w sprawie elektryfikacji wsi

W dniu 23. 10. 48 odbyło się zwołane przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich z inicjatywy Głównego Biura Elektryfikacji Wsi zebranie dyskusyjne w celu rozważenia wyboru najwłaściwszego wysokiego napięcia dla rozdzielczych sieci wiejskich.

Tematem dyskusji był referat inżynierów Cz. Mejry i T. Kahla ogłoszony w PE (1948, z. 4/5, str. 117—125) oraz referat inż. St. Moszczyńskiego *).

W zebraniu wzięli udział koledzy: A. Balicki, J. Barzyński, St. Gosiewski, L. Górski, Z. Jung, T. Kahl, A. Kopystiański, St. Krakowiak, T. Królikiewicz, Cz. Mejro, St. Moszczyński, W. Ney, J. Pląskowski, W. Szumilin, Z. Wierzbowski, B. Witwiński i E. Zieliński.

Dyskusja toczyła się w dwóch kierunkach:

1) ustalenia założeń podstawowych dla obliczeń rozdzielczych sieci;

2) wyboru wysokiego napięcia rozdzielczego dla sieci wiejskich.

W toku dyskusji w pierwszej części przyjęto tezy, które dają się streścić w następujących punktach:

1. wobec gospodarki planowej obciążenie winno być liczone na ha powierzchni ziemi ornej, a więc na takie urządzenia elektryczne, jakie rolnik w swoim gospodarstwie mieć powinien bez względu na jego obecne ku temu tendencje, czy możliwości finansowe;

2. gospodarka większymi maszynami elektrycznymi będzie prowadzona na zasadach spółdzielczych na stopniu gromady, a nawet gminy (np. silosowanie paszy), wieśniak zaś w zagrodzie będzie dysponował w razie potrzeby silnikiem 1—1,5 kW mocy do napędu maszyn służących do wykonywania bieżących prac gospodarskich w zagrodzie;

3. dążyć się będzie do zasilania tych małych silników indywidualnych 1-fazowo;

4. w spożyciu winno być uwzględnione grzejnictwo elektryczne w porze nocnej do celów hodowlanych;

5. planowanie zapotrzebowania mocy i energii elektrycznej winno sięgać co najmniej 20 lat tj okresu trwania sieci, aby uniknąć kosztownej przebudowy ich w miarę wzrostu obciążenia;

6. przewidywane spożycie energii elektrycznej na obszarach wiejskich przy powyższych założeniach wyniesie ok. 6000 kWh/km² i rok już po 10 latach elektryfikacji;

7. przewidywana przeciętna moc zainstalowana w gospodarstwie wiejskim wyniesie 3 kW przy 200 godzinach używalności w roku;

8. jako udział gospodarstwa wiejskiego w szczycie transformatora wiejskiego należy przyjmować w obliczeniach 0,3 kW.

*) Referat ten jest zamieszczony w niniejszym zeszycie na str. 22. (Przyp. red.).

W toku drugiej części dyskusji omówiono zagadnienie układu sieci na tle sieci państwowej i okręgowej i wyboru najkorzystniejszego napięcia wysokiego sieci rozdzielczej wiejskiej na tle istniejących, ustalonych przez C. Z. E. wyższych napięć sieci przesyłowych 220/110/30 kV, zaznaczając, że nie jest celem konferencji omawianie układu i stosunków tych napięć wyższych.

Nakreślony obraz układu sieci oddziela wyraźnie sieci przesyłowe od rozdzielczych. Transformacja odbywałaby się z napięcia sieci państwowej 110 kV na napięcie sieci przesyłowych okręgowych 30 kV, posiadających dobre zabezpieczenia wybiorcze i docierających do wszystkich większych miast okręgu; na te sieci byłaby narzucona sieć rozdzielcza o napięciu 15 kV, promienista, od punktów redukcyjnych 30/15 kV, pracująca jako otwarta z „nanizanymi" podstacjami transformatorowymi na niskie napięcie dla wsi i mniejszych miast.

Przy wyborze napięcia sieci rozdzielczych osiągnięto porozumienie, że nie może on być oparty jedynie na suchej kalkulacji kosztów inwestycji i eksploatacji, która wykazuje pewną choć niewielką przewagę układu 15-kilowoltowego nad układem 6-kilowoltowym. Układ 15-kilowoltowy posiada w stosunku do innych niezaprzeczone korzyści pod względem elastyczności sieci zarówno co do przesyłanych mocy, jak i kosztów eksploatacji, a w szczególności:

1. możliwości zastosowania systemu 1-fazowego w połączeniu z 3-fazowym (tj. stopniowy wzrost liczby faz ze zwiększaniem się obciążenia);

2. mniejszej liczby stacji redukcyjnych z 30 kW na niższe napięcie wobec większego zasięgu sieci 15-kilowoltowych;

3. możliwości zastosowania materiałów przewodowych o mniejszej przewodności;

4. uproszczenia normalizacji urządzeń sieciowych (zmniejszenia liczby przekrojów przewodów na wysokim i niskim napięciu).

Na podstawie powyższych rozważań przyjęto jako najkorzystniejsze napięcie wysokie sieci rozdzielczych wiejskich — 15 kV, a więc wszelkie odchylenia, jeśliby miały być zastosowane na pewnych obszarach, musiałyby być odpowiednio uzasadnione i uzgodnione z Głównym Biurem Elektryfikacji Wsi. Zauważono przy tym, że ewentualna przebudowa linii 6-kilowoltowych na 15-kilowoltowe nie przedstawia trudności, aczkolwiek chodzi tu głównie o linie nowobudowane, a nie sieci już istniejące innych napięć niż 15 kV, tych bowiem nie opłaciłoby się przebudowywać aż do czasu, gdy będą przestarzałe.

Na koniec dyrektor G. B. E. W. inż. Z. Jung zakomunikował o podjętych przez G. B. E. W. studiach nad systemem 1-fazowym; wyniki ich będą poddane dyskusji kolegów w SEP w swoim czasie.

# Wydawnictwa nadesłane

**Niemczyński W. Elektrotechnika dla wszystkich.** Główna Księgarnia Wojskowa. 1947. Format 17 × 24, VIII + 292 str., 326 rys. Cena 580 zł. Spis rzeczy: Wiadomości podstawowe. Elektryczność galwaniczna. Jednostki pomiarowe. Prawo Ohma i prawo Kirchhoffa. Kilka wyrażeń technicznych. Magnetyzm. Elektromagnetyzm. Indukcja elektromagnetyczna. Przetwarzanie energii mechanicznej w elektryczną. Prądnice prądu stałego. Prądnice prądu zmiennego. Silniki prądu stałego. Silniki prądu zmiennego. Transformatory, przetwornice. Akumulatory. Ogrzewanie elektryczne. Oświetlenie elektryczne. Przyrządy pomiarowe. Przesyłanie energii elektrycznej. Rozdzielanie energii elektrycznej. Sygnalizacja elektryczna. Telegrafy. Telefony. — Z przedmowy: Książka nie jest przeznaczona dla fachowców, lecz „dla wszystkich", a więc zarówno dla początkujących techników, jak i dla „laików".

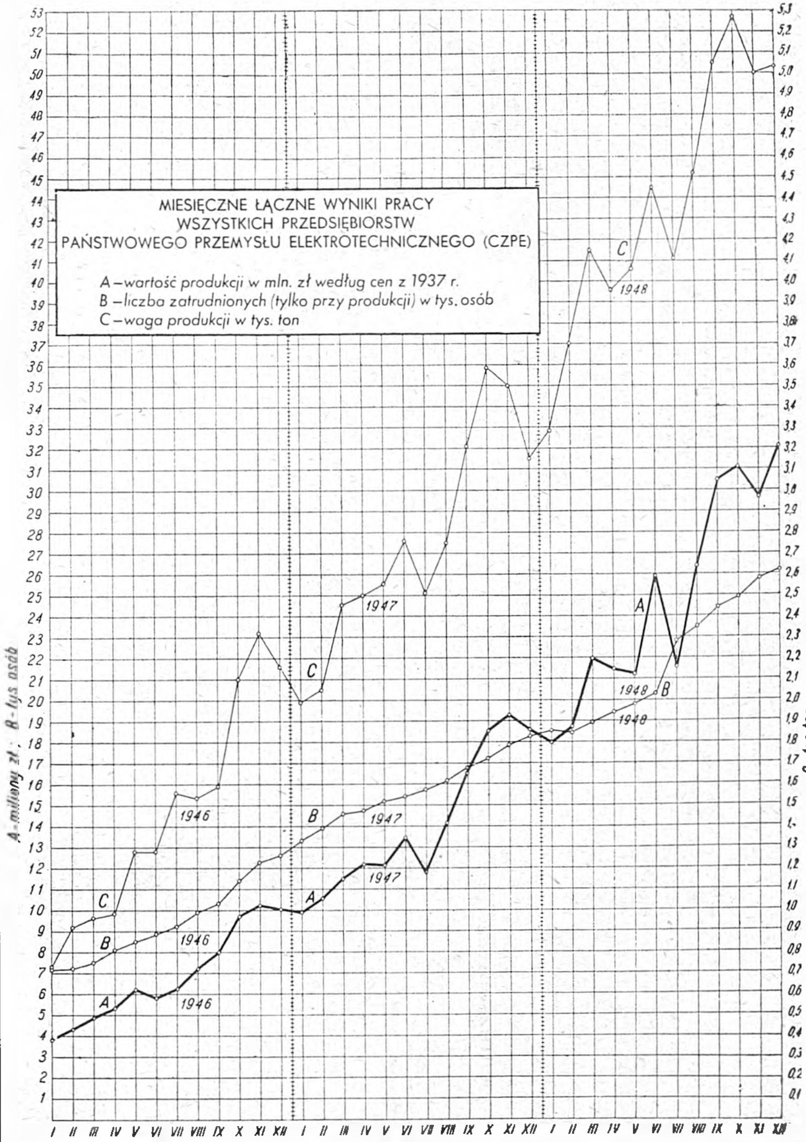
**Underdown G. W. Electrical Fire Alarm Systems.** Contents: I. Fire alarm or telephone. — II. General principles and definitions. — III. The Moore and Knight five alarm system. — IV. Closed circuit fire alarms: general principles. — V. Closed circuit fire alarms: call boxes. — VI. Closed circuit fire alarms: watchroom equipment. — VII. Magneto ringing fire alarm system. — VIII. G P. O. Police and fire telephone and signal system. — IX. Automatic fire alarm systems (86 str., format 15,5 × 24 cm, 64 rys., cena 10 s. 6 d.).

CENTRALNY ZARZĄD PRZEMYSŁU ELEKTROTECHNICZNEGO

# STATYSTYKA PRZEMYSŁU ELEKTROTECHNICZNEGO

## Grudzień 1948 r., cały 1948 r. i porównanie 1947 i 1948 r.

| Przemysł | Liczba zakładów prod. | Liczba zatrudnionych: przy produkcji: fizyczn. | Liczba zatrudnionych: przy produkcji: umysł. | Liczba zatrudnionych: przy produkcji: razem | Liczba zatrudnionych: przy odbud., inwest. i inni nieprod. | Liczba zatrudnionych: uczniów | Liczba zatrudnionych: ogółem | Produkcja: waga w t | Produkcja: wartość produkcji w tys. zł wg cen 1937 r. | Produkcja: wartość produkcji w tys. zł wg cen 1947 r. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Grudzień** | | | | | | | | | | |
| Maszyn elektrycznych | 14 | 4 470 | 1 010 | 5 480 | 1 679 | 970 | 8 129 | 651,8 | 4 960 | 319 767 |
| Aparatów elektryczn. | 15 | 5 735 | 1 580 | 7 315 | 516 | 551 | 8 382 | 532,4 | 5 007 | 331 541 |
| Kabli i przewodów | 5 | 4 220 | 789 | 5 009 | 274 | 331 | 5 614 | 2 668,2 | 9 114 | 551 718 |
| Akumulatorów i ogniw | 8 | 1 293 | 245 | 1 538 | 93 | 26 | 1 657 | 867,7 | 2 578 | 144 896 |
| Lamp elektrycznych | 4 | 1 487 | 295 | 1 782 | 347 | — | 2 129 | 66,0 | 3 823 | 124 162 |
| Telekomunikacyjny | 10 | 3 672 | 1438 | 5 110 | 367 | 292 | 5 769 | 242,3 | 6 584 | 442 948 |
| Razem | 56 | 20 877 | 5 357 | 26 234 | 3 276 | 2 170 | 31 680 | 5 028,4 | 32 066 | 1 915 032 |
| **Cały rok 1948** | | | | | | | | | | |
| Maszyn elektrycznych | 14 | 3 868 | 887 | 4 755 | 1 404 | 816 | 6 975 | 6 431,1 | 48 217 | 3 062 919 |
| Aparatów elektryczn. | 15 | 4 780 | 1 337 | 6 117 | 608 | 425 | 7 150 | 5 086,9 | 46 417 | 2 952 443 |
| Kabli i przewodów | 6 | 3 763 | 709 | 4 472 | 382 | 193 | 5 047 | 29 050,5 | 100 706 | 5 450 439 |
| Akumulatorów i ogniw | 8 | 1 242 | 242 | 1 484 | 124 | 27 | 1 635 | 9 928,1 | 27 681 | 1 436 456 |
| Lamp elektrycznych | 3 | 1 184 | 248 | 1 432 | 217 | – | 1 649 | 619,6 | 37 367 | 1 128 880 |
| Telekomunikacyjny a | 11 | 3 332 | 1 370 | 4 752 | 380 | 265 | 5 397 | 1 663,6 | 44 674 | 2 837 156 |
| Telekomunikacyjny b | 10 | 1 923 | 655 | 2 578 | 339 | 109 | 3 026 | 1 245,9 | 30 877 | 1 828 028 |
| Razem a | 57 | 18 219 | 4 793 | 23 012 | 3 115 | 1 726 | 27 853 | 52 779,8 | 305 062 | 16 868 293 |
| Razem b | 56 | 16 760 | 4 078 | 20 838 | 3 074 | 1 570 | 25 482 | 52 362,1 | 291 265 | 15 859 165 |
| **Procentowy wzrost w 1948 r. w stosunku do 1947 r.** | średniej rocznej liczby | | | | | | | sumy za cały rok | | |
| Aparatów elektryczn. | —16% | 39% | 4% | 31% | 286% | 23% | 46% | 84% | 84% | 79% |
| Kabli i przewodów | — 5 „ | 54 „ | 28 „ | 48 „ | 44 „ | 15 „ | 45 „ | 94 „ | 95 „ | 114 „ |
| Akumulatorów i ogniw | —18 „ | 29 „ | 14 „ | 26 „ | 9 „ | 57 „ | 26 „ | 43 „ | 49 „ | 78 „ |
| Maszyn elektrycznych | —39 „ | — 2 „ | —21 „ | — 5 „ | 110 „ | 27 „ | —1 „ | 71 „ | 54 „ | 92 „ |
| Lamp elektrycznych | 40 „ | 58 „ | 82 „ | 61 „ | 830 „ | — | 82 „ | 105 „ | 112 „ | 133 „ |
| Telekomunikacyjny a | —10 „ | 152 „ | 120 „ | 142 „ | 100 „ | 192 „ | 140 „ | 182 „ | 192 „ | 253 „ |
| Telekomunikacyjny b | —18 „ | 43 „ | 5 „ | 31 „ | 79 „ | 20 „ | 35 „ | 112 „ | 102 „ | 127 „ |
| Razem a | —15% | 50% | 37% | 47% | 102% | 31% | 57% | 59% | 81% | 106% |
| Razem b | —16 „ | 38 „ | 17 „ | 33 „ | 99 „ | 18 „ | 37 „ | 58 „ | 73 „ | 94 „ |




U w a g a 1. Podane w tablicy dla przemysłu „lamp elektrycznych" wagi zawierają następujące ilości żarówek: grudzień 2065 tys. szt., cały 1948 rok 18734 tys. szt. — U w a g a 2. Oznaczenia dla przemysłu telekomunikacyjnego: a) łącznie z PZTiR, b) bez PZTiR.

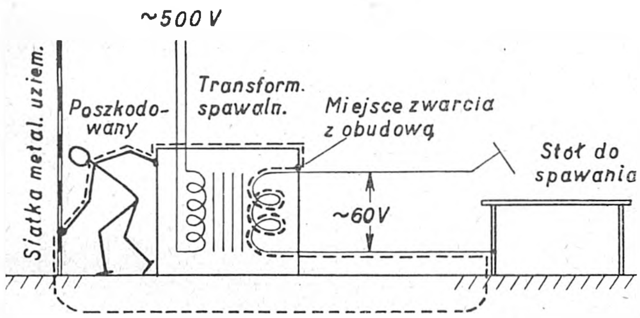
# PORAŻENIA ELEKTRYCZNE w POLSCE

## Komunikaty Komitetu Bezpieczeństwa Pracy SEP (ciąg dalszy)

**14. Transformator spawalniczy (woj. śląskie)**

W fabryce chemicznej ślusarz N. schylając się, żeby podnieść z podłogi zawór metalowy, oparł się jedną ręką o uchwyt stojącego obok transformatora spawalniczego. Leżący na podłodze zawór stykał się z dobrze uziemioną siatką metalową. Ślusarz został porażony, gdy uchwycił zawór.

Przeprowadzone po wypadku badania wykazały, że po stronie wtórnej transformatora (60 V) koniec jednego z przewodów w skrzynce zaciskowej wystawał z zacisku i stykał się z pokrywą zacisków, wskutek czego cała obudowa transformatora była pod napięciem. Ponadto zacisk przewodu uziemiającego obudowę transformatora był rozluźniony, a więc w momencie wypadku połączenie z uziemieniem było przerwane. Transformator znajdował się na podłodze drewnianej. Na tejże podłodze drewnianej stał ślusarz, który wskutek tego nie odczuł wstrząsu dotykając uchwytu transformatora. Gdy jednak dotknął drugą ręką zaworu uziemionego przez siatkę metalową, zamknął sobą obwód, który pokazano przerywaną kreską na rys. 3.




Rys. 3. Sytuacja przy wypadku nr 14

W kilkadziesiąt minut po wypadku wezwany sanitariusz zastosował sztuczne oddychanie w ciągu około godziny, tj. do chwili nadejścia lekarza, który jednak stwierdził zgon.

Porażony był w podeszłym wieku (73 lata). Nie jest wykluczone, że odporność jego organizmu na działanie prądu była wskutek tego zmniejszona.

Wnioski.

Charakterystyczny dla niektórych wypadków, jak wyżej opisany, jest wyjątkowy zbieg okoliczności. W danym wypadku równocześnie: drut z zacisku stykał się z pokrywą, śruba uziemienia obluźniła się, w pobliżu była uziemiona siatka, transformator był dobrze odizolowany od ziemi podłogą, gdy opodal stojący stół spawalniczy był uziemiony należycie. W tych już skomplikowanych warunkach znalazł się robotnik tak stary, że aby się schylić, musiał uchwycić się transformatora. Brak choćby jednego z tych wielu elementów uniemożliwiłby wypadek. Z takimi więc zbiegami okoliczności trzeba się w praktyce liczyć.

Należy podkreślić dla przestrogi tych wszystkich, którzy lekceważą środki ostrożności przy niskich napięciach, że ten śmiertelny wypadek został wywołany napięciem zaledwie 60 V.

Nienależyte zamocowanie przewodów w zacisku transformatora było oczywiście spowodowane niedbalstwem lub niefachowością montera, ale szczegół, na który trzeba specjalnie zwrócić uwagę, to obluzowanie się śruby uziemienia.

Zbyt częste są wypadki spowodowane brakiem zrozumienia, że niekontrolowane uziemienie tworzy tylko pozór środka ochronnego, tym szkodliwszy, że obsługa na to zabezpieczenie liczy.

Sama podłoga izolująca nie stanowi zabezpieczenia przed porażeniem, jeżeli w zasięgu ręki znajdują się masy metalowe, mające dobre połączenie z ziemią.

I w tym wypadku pomoc była spóźniona, a świadkowie wypadku nie wiedzieli, że zwłoka kilku minut w udzieleniu pomocy może spowodować śmierć porażonego.

**15. Upadek z drabiny (woj. krakowskie)**

W fabryce elektrotechnicznej starszy monter B., wyłączywszy uprzednio instalację spod napięcia, zakładał lampę na suficie w odległości 80 cm od ściany, posługując się pojedynczą drabiną, którą przystawił do ściany. W pewnym momencie stracił równowagę, spadł i doznawszy pęknięcia podstawy czaszki zmarł.

Wnioski.

Choć nie jest to porażenie elektryczne, warto ten wypadek przytoczyć, ponieważ wypadki spowodowane użyciem niewłaściwych drabin przy robotach monterskich są częste. Należało użyć drabiny podwójnej. Monterzy niejednokrotnie używają niewłaściwego sprzętu przez brawurę, albo licząc na swoje doświadczenie i narażają się niepotrzebnie na wypadki, które, jak widać z powyższego przykładu, mogą być tragiczne.

**16. Zerwanie się przewodu na 220 V (woj. śląskie)**

Na powierzchni kopalni robotnik U. przechodził w czasie burzy pod przewodami (16 $mm^2$) linii napowietrznej na 220 V. W tym momencie silny wiatr zerwał z drzewa rosnącego o 30 m od linii gałąź i rzucił ją na przewody.

Jeden z przewodów pękł i spadł na robotnika, owijając mu się wokół szyi. Nastąpiło ciężkie porażenie, ułatwione przez upadek robotnika pod wpływem wstrząsu na mokrą ziemię.

Porażonego w stanie nieprzytomnym przeniesiono do izby opatrunkowej, a następnie przewieziono do szpitala, gdzie lekarz stwierdził zgon.

Wnioski.

Jeszcze jeden z wielu przykładów przenoszenia i nawet przewożenia porażonego w stanie nieprzytomnym, zamiast zastosowania zaraz na miejscu sztucznego oddychania zgodnie z przepisami PNE-9. W danym wypadku jest to tym bardziej uderzające, że na miejscu był sanitariusz, który przede wszystkim powinien znać przepisy ratownictwa.

Wypadek powyższy wskazuje ponadto, że przechodzenie w pobliżu przewodów napowietrznych w czasie silnej burzy może być niebezpieczne, nawet gdy linia jest zbudowana prawidłowo.

**17. Lampa karbidowa zawieszona na desce bezpiecznikowej w kopalni (woj. śl.)**

Cieśla górniczy P., zawieszając lampę karbidową w dole kopalni na desce z bezpiecznikami, dotknął bezpiecznika hakiem lampy i uległ porażeniu. Pod wpływem porażenia upadł i doznał wstrząsu mózgu. Przewieziony do szpitala zmarł.

Wnioski.

Według PNE-17, § 7, p. 1, bezpieczniki powinny były być budowy okapturzonej (kopalnia bezpieczna pod względem wybuchowym). Celowość tego przepisu ilustruje w tak tragiczny sposób wyżej podany wypadek.

Wszyscy pracownicy powinni być pouczeni, że urządzenia elektryczne nie mogą służyć do zawieszania ubrań, narzędzi itp. Zwłaszcza w kopalniach często się o tym zapomina.

**18. Przewód wiertarki elektrycznej w kopalni (woj. śląskie)**

W kopalni górnik R., niosąc wiertarkę, rozwijał stopniowo połączony z nią przewód w oponie gumowej, leżący w zwoju w oknie filaru. W pewnym momencie przewód zahaczył o leżącą w pobliżu szynę. Gdy górnik, chcąc go odczepić, uchwycił przewód w miejscu zaczepienia, został porażony.

Okazało się, że opona oraz izolacja jednej z faz przewodu były uszkodzone i prowizorycznie naprawione taśmą izolacyjną, która przewilgła, bowiem miejsce pracy

było bardzo mokre. Nieszczęśliwym zbiegiem okoliczności górnik uchwycił właśnie za tę prowizorycznie naprawioną i mokrą część przewodu. Prąd przeszedł od żyły przewodu przez mokrą taśmę izolacyjną i ciało górnika — do ziemi. Napięcie względem ziemi wynosiło 125 V Wezwany lekarz kopalni stwierdził zgon.

Wnioski.

Według PNE-17, § 40, p. 8 h stan izolacji przewodów ruchomych powinien być sprawdzony przez elektromontera raz na dobę. Uszkodzone przewody powinny być natychmiast fachowo naprawione lub wymienione na dobre.

Oczywiście nie jest fachową naprawą owinięcie taśmą izolacyjną uszkodzonej opony gumowej przewodu. Uszkodzona opona powinna być naprawiona przez wulkanizowanie, lub w miejscu uszkodzenia powinno być założone sprzęgło.

**19. Odłączniki wysokiego napięcia (woj. łódzkie)**

W podstacji rozdzielczej monter S. celem uzupełnienia oleju w wyłączniku, umocowanym na konstrukcji żelaznej w pobliżu szyn rozdzielczych, wszedł przy pomocy przenośnych schodków na konstrukcję, wyłączywszy uprzednio wyłącznik (sterowany z odległości) oraz odłączniki (6000 V). Odłączniki znajdowały się zaledwie o 0,5 m od konstrukcji, na której stanął monter, przy czym noże wyłączonych odłączników pozostawały nadal pod napięciem, gdyż uważano za zbyteczne wyłączenie na podstacji głównej kabla doprowadzającego prąd.

Schodząc monter zatoczył się i dotknął łokciem będących pod napięciem noży odłącznika. Porażony, spadł z wysokości 1,8 m na betonową podłogę, rozbijając sobie silnie głowę. Nie jest wykluczone, że do wypadku przyczyniła się wódka, którą, jak stwierzono, monter pił bezpośrednio przed pracą.

Towarzyszący mu drugi monter zastosował przez kilka minut sztuczne oddychanie, a nie widząc oznak życia przewiózł porażonego samochodem do szpitala, gdzie lekarz stwierdził zgon.

Wnioski.

Zapomina się często, że praca pod napięciem to nie tylko praca bezpośrednio przy częściach znajdujących się pod napięciem, ale także robota wykonywana tak blisko części będących pod napięciem, że zachodzi możność dotknięcia tych części (§ 58 PNE-10).

W danym przypadku odległość miejsca pracy zaledwie 0,5 m od noży odłącznika najwyraźniej nadawała pracy charakter roboty pod napięciem.

Ponieważ robota pod napięciem jest dozwolona tylko w przypadku nieodzownej konieczności (przy zachowaniu specjalnych środków ostrożności), a takiej konieczności w danym wypadku nie było, należało bezsprzecznie wyłączyć uprzednio na głównej podstacji kabel doprowadzający prąd do podstacji pomocniczej.

Ponadto opis wskazuje, że rozmieszczenie aparatów było nieodpowiednie. Aparaty były rozmieszczone zbyt ciasno, a noże odłącznika były zainstalowane po stronie kabla dopływowego, zamiast po stronie szyn.

Trzeba pamiętać, że alkohol nawet w małych ilościach zmniejsza zdolność reagowania, a więc w żadnym razie nie wolno pić wódki przed pracą i podczas pracy.

Ratującemu nie wolno zrażać się brakiem oznak życia i przerywać sztucznego oddychania. W wielu wypadkach sztuczne oddychanie dało wynik dopiero po godzinie stosowania i więcej.

**20. Praca na słupie linii o napięciu 380 V (woj. śląskie)**

Monter sieciowy K. wszedł na słup linii o napięciu 380 V, aby przyłączyć przewody silnika młockarni. Pomimo wyraźnego zwrócenia mu uwagi ze strony współtowarzyszy pracy nie wyłączył linii spod napięcia, chociaż budka transformatora z wyłącznikiem znajdowała się w pobliżu. Powiedział nawet współtowarzyszom, że z napięcia 380 V nic sobie nie robi.

W czasie zamocywowania przewodu na izolatorze linii łokciem lewej ręki dotknął się drugiego przewodu i uległ porażeniu. Prąd przeszedł od jednego z przewodów sieciowych przez prawą dłoń i ciało poszkodowanego do lewego łokcia i drugiego przewodu sieciowego.

Przy zdejmowaniu poszkodowanego ze słupa zdarzył się dodatkowy wypadek, mianowicie złamała się drabina, zerwał się przy tym pas bezpieczeństwa i ratujący wraz z porażonym spadli z wysokości 5 m. Nie miało to wpływu na skutki wypadku, ponieważ ratujący wyszedł bez szwanku, a wezwany lekarz stwierdził śmierć montera K. wskutek porażenia elektrycznego.

Wnioski.

Ten przykład niech będzie przestrogą dla monterów, którzy zaniedbują środków ostrożności licząc, że niskie napięcie nie jest dla nich niebezpieczne. Nie wiedzą o tym, że jeżeli kiedyś zetknięcie z niskim napięciem wywołało w nich tylko nieszkodliwy wstrząs, to w innym przypadku, w nieco zmienionych warunkach, które trudno jest z góry przewidzieć, to samo niskie napięcie może spowodować śmiertelne porażenie.

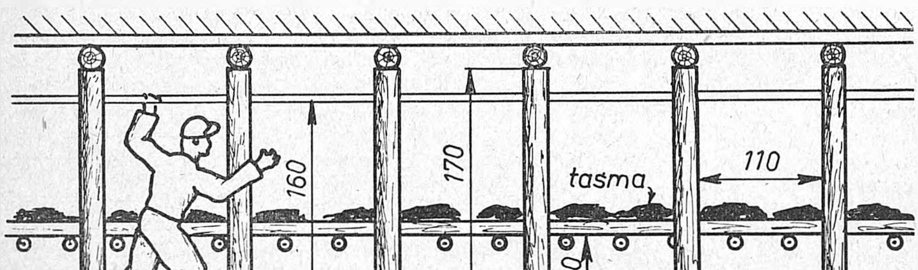
Dlatego według § 58 PNE-10 nie wolno pracować pod napięciem (z wyjątkiem wypadków konieczności ruchowych, ale wówczas trzeba zachować wszystkie środki ostrożności przewidziane w tymże paragrafie).

Załamanie się drabiny wskazuje na to, że monterzy posługiwali się sprzętem w złym stanie, co samo przez się prowadzi do nieszczęśliwych wypadków.

**21. Przewód wrębówki w dole kopalni (woj. śląskie)**

Ładowacz G., czyszcząc taśmę transportową, chwycił ręką za zawieszony przewód w oponie gumowej, doprowadzający prąd o napięciu 500 V do wrębówki. Ładowacz został śmiertelnie porażony.

Oględziny miejsca wypadku wykazały, że w tym miejscu przewodu, za które chwycił porażony, tkwił w oponie gumowej przewodu cienki drut stalowy wystający na ok. 2 mm.




Rys. 4. Sytuacja przy wypadku nr 22

Jak widać z rys. 4, prąd przeszedł od żyły przewodu przez drucik stalowy, tkwiący w oponie, do ręki porażonego, a następnie przez jego ciało do ziemi. Drucik pochodził z telefonicznego kabelka polowego użytego jako przewód do zapalania nabojów; został wtłoczony w oponę przy strzelaniu.

Wnioski.

Przypomnieć trzeba, że PNE-17, § 40, p. 8 c, wyraźnie nakazuje, aby przewody ruchome były ochronione od uszkodzeń mechanicznych wskutek strzałów.

Wypadek wskazuje też na to, że telekomunikacyjne przewody stalowe nie powinny być używane do zapalania nabojów.